

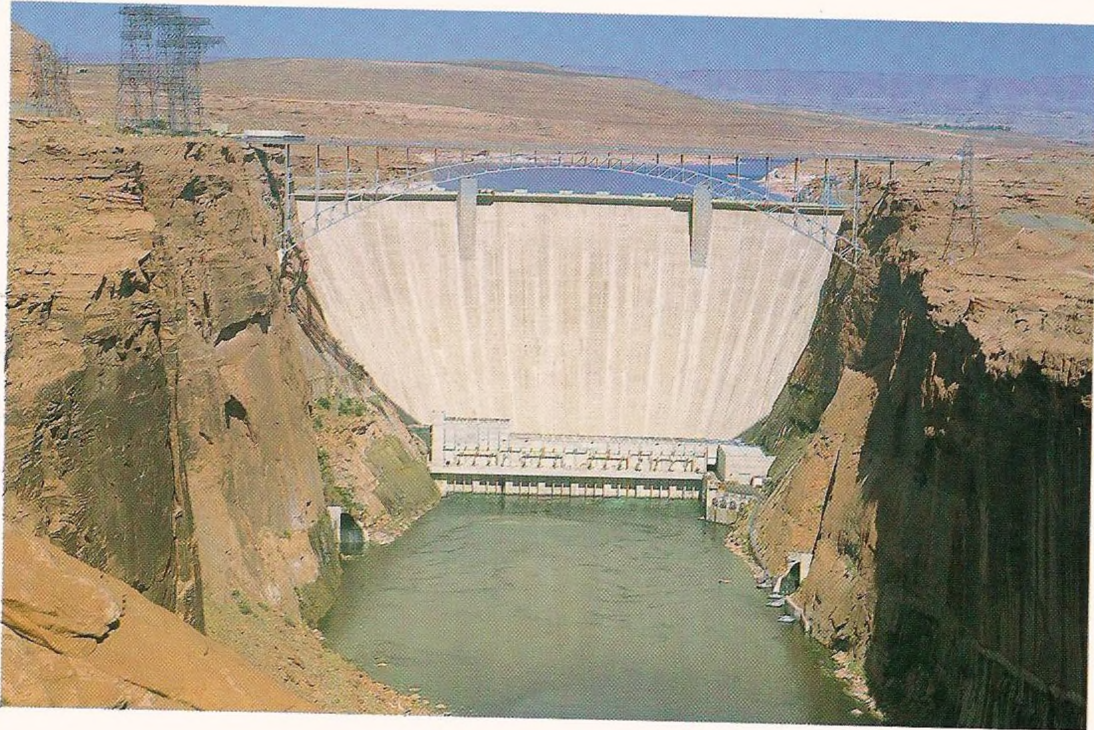
موسوعة الطاقة المستدامة

القُدْرَةُ المائيَّةَ

مكتبة لبنان ناشرون

موسوعة الطّاقة المسُتدامة

القُدْرَةُ المائيَّة



إعداد
أحمد شفيق الخطيب
يوسُف سُليمان خَير الله
رَئيس التّحرير
أحمد شفيق الخطيب

مكتبة لبنان ناشِرُون

مَوسُوعَة الطَّاقَة المُستَدامَة

في هذه السِّلسِلة

- الوُقُودُ الأُحفوريَّة
- القُدرَةُ الشَّمسِيَّة
- القُدرَةُ النَّوَوِيَّة
- الطَّاقَة الحَرارِيَّة الأرضيَّة والطَّاقَة الحَيَوِيَّة
- قُدرَة الرِّياح
- القُدرَة المائِيَّة

مَكتَبة لبْنان ناشِرُون

www.ldlp.com

صُندوق البَريد 9232-11
بَيروت - لبْنان
وُكَلاء وَمُوزّعون في جَميع أنحاء العالَم

الطّبعَة الأولى 2002
طُبع في لبْنان

ISBN: 9953-1-485-9

الـمُحْتَويات

القُدْرةُ المائيَّةُ - تعريفٌ وتَقْييم

تَمْهيد

القُدْرَةُ المائيَّةُ هي استِخْدامُ الماءِ لأداءِ شُغْلٍ - كإنتاجِ الكهرباء أو إدارةِ النواعير والطواحين. القُدْرةُ المائيَّةُ ألطفُ بالبيئة من الوُقُدِ الأُحْفوريَّة - فهي لا تُلَوِّثُ الهواءَ ولا تُخَلِّفُ نُفاياتٍ سامَّة كما هي الحالُ في وُقُد الفَحْمِ والنِّفْطِ والغاز. والماءُ هو أيضًا من المَوارِدِ المُتَجدِّدة التي يُمكِنُ استِخدامُها تكرارًا.

مَنْظرُ المياه المُتدَفِّقةِ عَبْرَ سَدِّ جُون ديْ على الحُدود بين وِلايتَي واشنطُن وأُوريغون، بالولايات المتحدة الأمريكيَّة. هذا السَّدُّ هو واحدٌ من عِدَّةِ سُدودٍ، على نَهْر كولُومبيا، تُوَفِّرُ معًا أكثرَ من 22000 ميغاواط من القُدْرةِ الكهربائيَّة للمِنْطقة الأمريكيَّة الشماليَّة الغربيَّة على ساحلِ المُحيط الهادي.



إسْتُخْدِمَت القُدْرةُ المائيَّةُ لِتَشغيلِ مكنات وآليّاتٍ مُنْذُ آلافِ السنين وما زالتْ. لكنَّ استخدامَ هذه القُدرةِ تراجعَ بتزايُدِ الإقبالِ على الوُقُدِ الأُحْفوريَّة الرَّخيصةِ الثَّمن خلالَ النِّصْفِ الأوَّلِ من القَرْنِ العِشْرين. وفي السَّبْعينيّاتِ من القَرْنِ نَفْسِه، نتيجةً للزِّيادات الحادَّةِ على أسعارِ النِّفْط، وتزايُدِ الاهتِمام بقضايا التلوُّث البيئيّ، أخذت القُدْرةُ المائيَّةُ تَستَقْطِبُ اهتمامَ الناسِ مَرَّةً أُخرى.

إنَّ طاقةَ المياهِ الجارية، كما نعلَم، مَجّانيَّةٌ؛ ويُمكِنُ تَحْويلُها إلى شُغْلٍ مُفيدٍ بِسُهولةٍ ويُسْر. وفيما يَستَخْدِمُ العديدُ من مَشاريعِ القُدْرةِ المائيَّةِ تِقانيّاتٍ جديدةً باهظةَ التَّكْلِفةِ لِزيادةِ طاقتِها وفعاليَّتِها إلى الحدِّ الأقصى، فإنَّ الآليّاتِ الخَشبيَّةَ البَسيطةَ اليَدَويَّةَ الصُّنْعِ يُمكِنُها أيضًا استِخْدامُ القُدرةِ المائيَّة. هذا الكتابُ من مَوسُوعةِ الطاقةِ المُستَدامَةِ يتقَصّى تاريخَ القُدْرةِ المائيَّةِ وتِقانيّاتِها ووَقْعَها البيئيَّ ومُسْتَقبلَها.



فوق: شَلّالاتٌ مائيَّةٌ تندفِقُ فوقَ النواعيرِ في هذه الطاحونةِ المائيَّةِ الدانِمَركيَّة، المُستَخْدمة في سَحْنِ الحَبِّ. ولا يزالُ هنالك بِضْعةٌ من هذه الطواحينِ المائيَّة، لكنْ في ما مَضى، كانت آلافٌ منها، تمتدُّ على ضِفافِ الأنهارِ عَبْرَ القارَّةِ الأوروبيّة وبلادِ الشّام.

حقائقُ ومَعْلومات

إنَّ حوالى 6% من مُجمَلِ الطاقة التي يَسْتهلِكُها الناسُ مَصْدَرُها مُولِّداتٌ تعمَلُ بدَفْعِ الماء؛ ويُولَّدُ مُعظَمُها في مَحطّاتِ القُدْرةِ الكَهْرَمائيَّة. الناعورة (السّانِيَة) كانت أوَّلَ آليَّةٍ مَعْروفةٍ تعمَلُ بالقُدْرةِ المائيَّة. وهي قد ابتُكِرَت، منذُ حوالى 4000 سنة، في الشَّرقِ الأوْسَط، في مِنطقةٍ تشمَلُ اليومَ بلادَ الشام وتُركيا والعِراق واليُونان.

الماءُ في كُلِّ مَكان

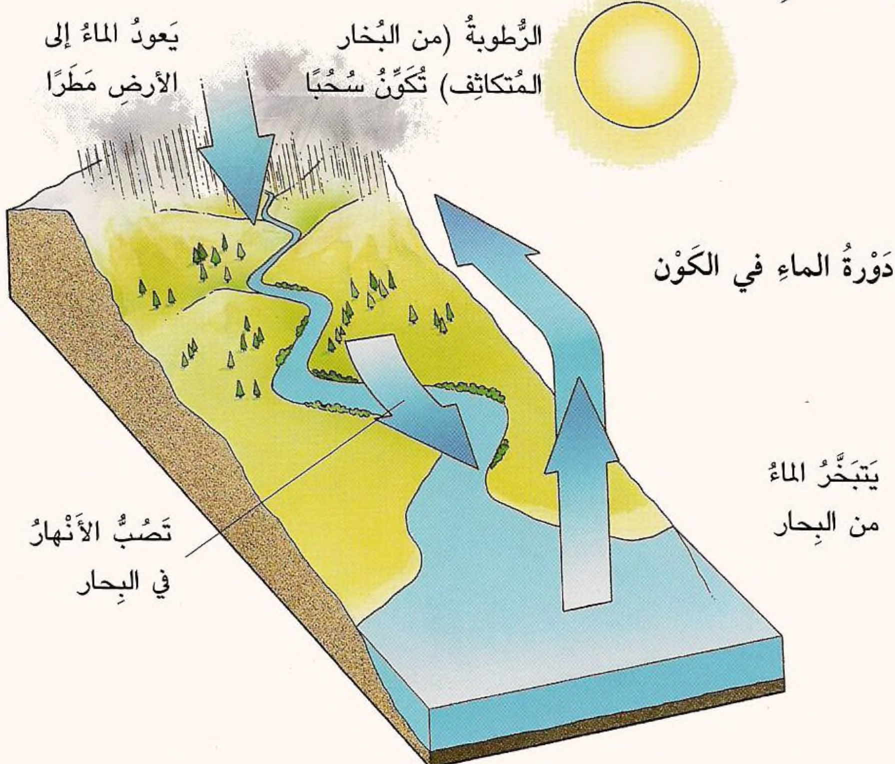
مَصادِرُ المِياه

تُغَطِّي المِياهُ ثلاثةَ أَرباعِ سَطْحِ الأَرض تقريبًا. لكِنَّ الحالَ لم يكُنْ دومًا كذلكَ. فعندما كان كوكبُنا قَيْدَ التكوين، منذُ 4,6 بليون سنة، لم يكُنْ هناك ماءٌ بسببِ الإرْتفاعِ الشديدِ في درجةِ الحرارة. ومع الإنْخفاضِ التدريجيِّ في درجةِ الحرارة أخذتْ ذرّاتُ الهِدْروجين والأُكسجين تتجمَّعُ معًا لِتكوينِ جُزَيئاتٍ مائيَّةٍ على شَكْلِ بُخار؛ وأخذتِ السُّحُبُ الهائلةُ الضَّخْمةُ من بُخارِ الماءِ تَلُفُّ كوكبَ الأرض بكامِلِه.

ويرْتئي العلماءُ أنَّ تَهْطالَ المَطر رُبَّما استمَرَّ على كامِلِ سَطْح الكُرةِ الأرضيَّة مئاتِ السِّنين عندما برِدَتِ الأرض بما يَسمحُ لِبُخارِ الماءِ بالتكاثُفِ إلى قُطَيْراتٍ مائيَّة. وأنَّ كميّاتِ المَطر السّاقطةَ كانت من الكَثْرةِ بحيثُ امتلأتِ الأَجْزاءُ الأخفضُ من الكوكبِ بالماءِ لِتُكوِّنَ المُحيطات. لكِنَّ المياهَ لم تَسْتقِرَّ في المُحيطاتِ، بلْ استمَرَّت، منذُ تلك الأزمنةِ السَّحيقةِ القِدَم، في دَوراتِ ماءٍ كَوْنيَّةٍ حولَ الأرض – سُحُبًا وأَمْطارًا وأَنْهارًا وبِحارًا ومُحيطات.



فوق: القُدْرةُ الكامِنةُ الضَّخْمةُ لِشَلّالاتِ نِياغارا على الحُدودِ الأمريكيَّةِ الكَنَديَّة ابتدأَ تَسْخيرُها عامَ 1757. واليومَ تُنتِجُ مَحطّاتُ القُدْرةِ الكهرمائيَّة المُقامةُ على تلك الشّلالات أكثَرَ من 4000 ميغاواط من الكهرباء – وهو ما يكفي لتأمينِ احْتياجاتِ مَدينةٍ كبيرة.



دَوْرةُ الماءِ في الكَوْن

الماءُ المُحْمى بأشِعَّةِ الشَّمْس يَتبَخَّرُ ويرتفِعُ في الجَوِّ. والرِّياحُ تحمِلُ هذا البُخار إلى مناطق الهواءِ الأبْرَدِ حيثُ يتكاثَفُ قُطَيْراتٍ مائيَّةً، تَتساقطُ مَطرًا. يَنْسابُ ماءُ المَطَر إلى الأنهارِ والبُحَيْراتِ والبِحار، ثُمَّ تَبْدأُ دَورةُ الماءِ في الكَوْن مُجَدَّدًا.



حَقائِقُ ومَعْلومات

تَنْتَحُ النَّباتاتُ كميَّاتٍ ضخمةً من ماءِ الأرض إلى الجَوِّ باستِمْرار. فالماءُ يَنْجذِبُ صُعُدًا في النَّبْتةِ عَبْرَ جُذورِها، ويرتَشِحُ منها بالتبَخُّرِ عَبْرَ ثُقوبٍ مِجْهريَّةٍ في أوراقِها. ويُقَدِّرُ الخُبراء أنَّ شَجرةً واحدةً من السِّنْديان (البَلُّوط) تَنْتَحُ إلى الجَوِّ حوالى 400 لِتْرٍ من ماءِ الأرض يوميًّا.

كَوْكبُ الأرض فريدٌ بين كواكبِ النِّظام الشَّمْسيِّ التِّسْعة. فهو الكوكبُ الوحيدُ الذي يتواجَدُ فيه الماءُ في حالةِ السُّيولةِ وفي مُحيطاتٍ عميقةٍ – إضافةً إلى جَوٍّ غَنِيٍّ بالأُكسجين وسُحُبٍ من بُخارِ الماء.

الماءُ عِمادُ الحياة في الأرض

الماءُ ضروريٌّ للحياة بكافَّةِ أشكالِها. والمعروفُ أنَّ المواقِعَ الأكثرَ جَفافًا على سَطْحِ الأرض هي المواقِعُ الأفقَرُ في الكائناتِ الحَيَّة - من نَباتٍ وحَيوان. كما إنَّ مُختلِفَ أشكالِ الحياةِ الأُولى على الأرض نَشأَتْ في البِحار. وعندما انتشرَتِ النَّباتاتُ والحَيواناتُ من البِحارِ إلى اليابِسة، استمرَّ اعتمادُها على الماءِ من أَجْلِ البَقاء. النَّباتاتُ الخضراءُ تَستَخْدِمُ الطاقةَ الشمسيَّةَ لِتخْليقِ الغِذاءِ من الماءِ والكيماويَّاتِ البَسيطة من التُّرْبة، وثاني أُكسيد الكربون من الهواء في عمليَّةِ التمثيل الضوئيّ. وهي في الواقع مَصْدرُ الغِذاء الرئيسيُّ لِسائر المَخْلوقاتِ الأُخرى التي إمّا أنّها تعتمِدُ في غِذائها مُباشرةً على النَّباتات أو أنّها تَغْتذي بكائناتٍ حَيَّةٍ أُخرى، هي بدَورِها تَقْتاتُ بالنَّباتات.

النَّباتاتُ لا تَنْمو إلّا حيثُ يَتوَفَّرُ لها الماء. ففي الصحاري، تَنْمو النَّباتاتُ على طُولِ حوافِّ الجَداول المَوْسميَّة. أمَّا حيثُ تتفَجَّرُ المِياهُ فيها من تحت الأرضِ إلى سَطْحِها، عُيونًا فتتكوَّنُ الواحات.



حَقائقُ ومَعْلومات

رُغْمَ وَفْرةِ الماءِ على الأرض، فإنَّ هنالكَ بعضَ الأماكنِ البالِغَة الجَفاف. فالصَّحاري يَقِلُّ فيها مُعدَّلُ سُقوطِ المَطَرِ عن 250 ملم سَنويًّا - فيما قد تبلغُ دَرجاتُ الحرارة في الجَوِّ الجافِّ الصافي نَهارًا 55°س - وهو مُستوًى يتعذَّرُ احتمالُه. أكبرُ صحاري العالَمِ هي الصَّحْراءُ الكُبْرى في شمالِ إفريقية، وتبلغُ مِساحَتُها تِسْعةَ مَلايين كيلومترٍ مُرَبَّع.

يُؤلِّفُ الماءُ أكثرَ من نِصْفِ وَزْنِ الإنسان، ونَحْنُ نَفْقِدُ الماء باستِمْرار عَرَقًا من مَسامِّ الجِلد، ورُطوبةً في هواءِ الزَّفير، وسائلًا في البَول والبِراز. وهكذا على الفَردِ منّا تَعْويضُ هذا الفَقْدِ الذي يُقدَّرُ بحوالى 2,5 لِتْرٍ من الماءِ العَذبِ يوميًّا؛ وهذا يتمُّ عادةً بِشُربِ حوالى لِتْرٍ من الماءِ العَذْب - في حين تأتي البقيَّةُ من المآكِلِ التي نَتناوَلُها يوميًّا. إنَّ باستِطاعةِ الإنسانِ العاديِّ البَقاءَ دونَ طعامٍ عِدَّةَ أسابيع، لكنْ لن يُمكِنَهُ البَقاءُ على قَيْدِ الحياة دونَ ماءٍ عَذْبٍ سِوى بِضْعةِ أيّام. ونحنُ نحتاجُ الماءَ أيضًا للغَسيلِ ورَيِّ الزُّروع وللصِّناعة. إنَّ حوالى 1% فقط من مُجْملِ المياه على الأرض هو ماءٌ عذبٌ مُتاح. وهناكَ حوالى 2% منها مياهٌ عَذْبة مُحتَجَزةٌ جَليدًا في المثالج وفي باطنِ الأرض وفي القَلَنسُوتَيْن الجليديَّتَيْن في مِنطقَتَي القُطْبَيْن - في حين يتواجَدُ 97% منها مياهًا مالِحةً في البِحار.



في الطبيعة، تَنْسابُ المياهُ دومًا نَحْو المُسْتَوياتِ الأدْنى بفِعْلِ قُوَّةِ الجاذبيَّة الأرضيَّة. وإذا أُريدَ إصعادُ الماءِ إلى مُسْتوًى أعلى، أو رَشُّه من خُرْطوم، فيتوجَّبُ ضَخُّه تحتَ الضَّغْط.

المَدُّ والجَزْر

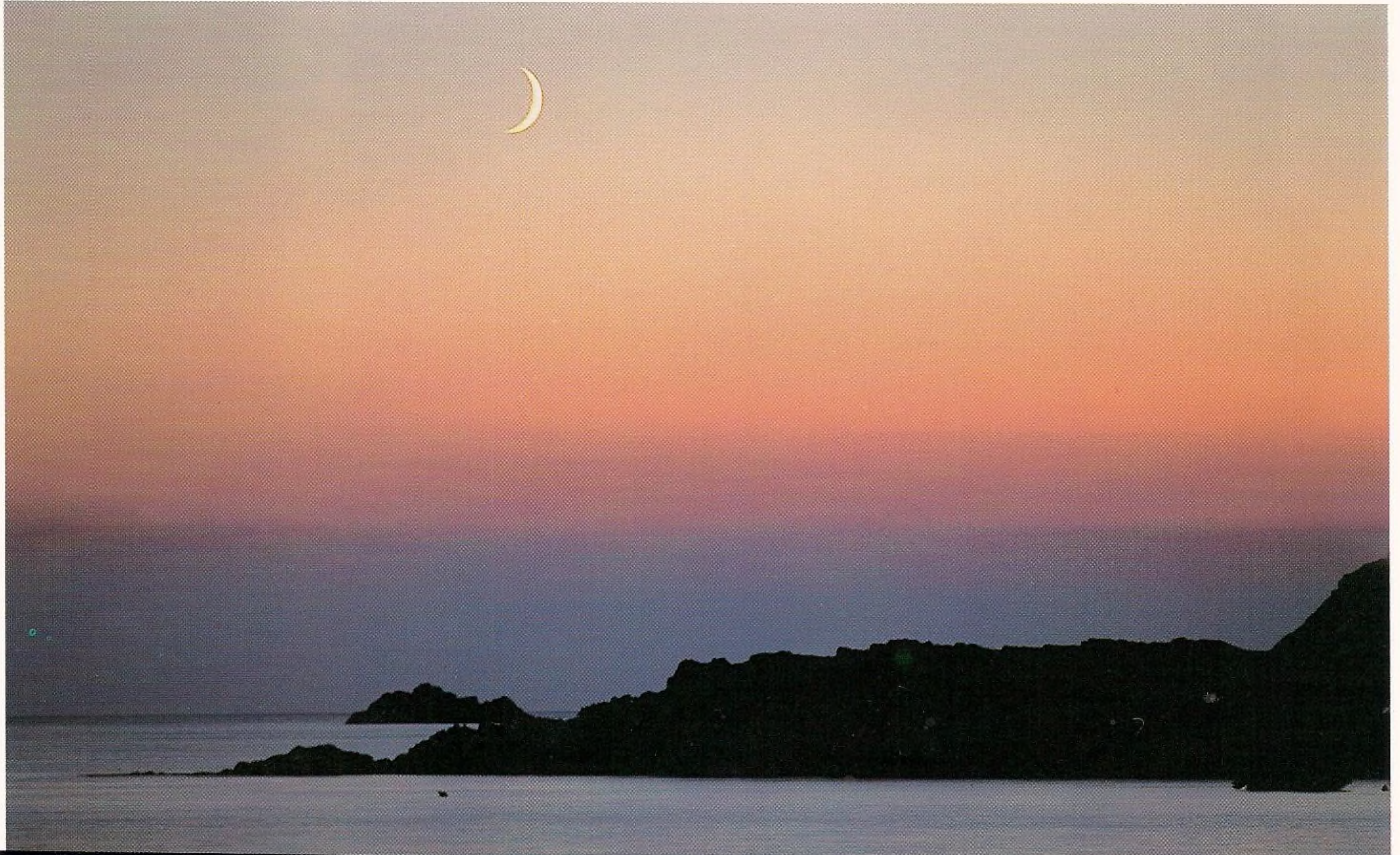
يَرْتفِعُ مَنْسوبُ مياهِ المُحيطاتِ والبِحار، وبخاصّةٍ في خُلجانِها، ويَهْبِطُ دوريًّا حوالى مَرَّةٍ كُلَّ 12 ساعة و26 دقيقة. هذه التغيُّراتُ اليَوميَّةُ مَدًّا (ارْتفاعًا) في جانبٍ من الأرض وجَزْرًا (هبوطًا) في الجانبِ المُقابِل سببُها الرئيسيُّ جَذْبُ القَمَر – أقربِ جارٍ لنا في الفَضاء. فالقَمَرُ بسَبب قُربه النِّسبيِّ من الأرض – إذ لا يَبعدُ عنها سوى 400 000 كم فقَط – يُؤَثِّرُ بجاذبيَّةٍ قَويَّةٍ على الأرض؛ جاذِبًا المياهَ نحو جانبِ الأرض الأقربِ مُحدِثًا المَدَّ فيه (والجَزْرَ في الجانب المُقابِل).

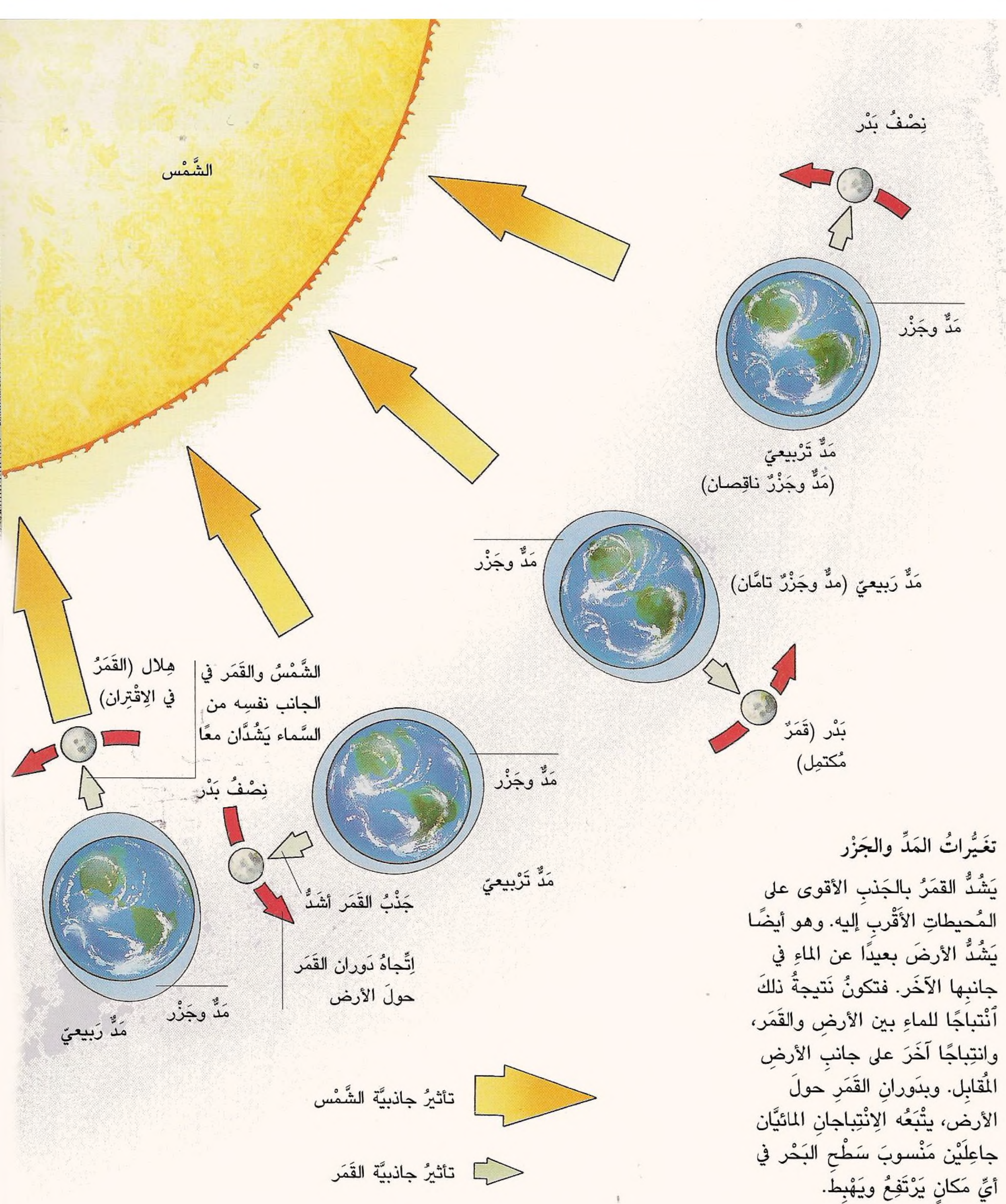
حركةُ المَدِّ والجَزْر تتأخَّر في كُلِّ يوم عن اليومِ السَّابق لأنَّ طلوعَ القَمَر يتأخَّرُ يَوميًّا. فهو معَ دَورانِه حولَ الأرض المُدَوِّمة، يَبْزُغُ فوقَ خَطِّ الأُفُق (الخَطِّ الأُفُقيِّ الوَهْميّ بين البَحْرِ والسَّماء) مُتأخِّرًا حوال 50 دقيقةً كُلَّ يوم، وتُواكِبُه حَرَكَةُ المَدِّ والجَزْر. ومعلومٌ أنَّ الشَّمْسَ أيضًا تؤثِّرُ في حدوث المدِّ والجَزْر، لكنَّ هذا الأثرَ ضئيلٌ لِبُعدِها الشاسع عن الأرض. تعتمِدُ شِدَّة المدِّ والجَزْر على مواقِع كُلٍّ من الشَّمْسِ والقَمرِ والأرض. حركةُ المَدِّ والجَزْر تَبْلغُ مَداها في ما يُسَمَّى المدَّ الربيعيّ حينما يكونُ القَمَرُ بَدْرًا (مُكْتَمِلًا) أو هِلالًا (في الإقْتران) أي حين تكونُ الأرضُ والقَمرُ والشَّمْسُ مُتسامتةً.

حَقائقُ ومَعْلومات

إنَّ تحرُّكَ كميَّاتٍ ضَخْمةٍ من المياه حولَ الأرض، بفِعْلِ جاذبيَّةِ القَمَر، ارتفاعًا (مدًّا) وجَزْرًا (هُبوطًا) يُؤَثِّرُ في عمليَّاتِ النَّقْل البَحْريّ. فعلى رَبابنةِ السُّفُن التأكُّدُ من أنَّ مناسيبَ البَحْر في الميناءِ المُعيَّن عميقةٌ بما فيه الكِفايةُ لكي يَدْخلُوه، وفي المسار المُحَدَّد لكي يَسلكوه. ففي بعضِ المواقِع، قد يَعلو مَنْسوبُ ذُروة المَدّ 5 أمتار عن مَنْسوبِ أقْصى الجَزْر.

هنا، مع غيابِ الشَّمْس، يَبْزُغُ القَمَرُ فوقَ جزيرةِ كورسيكا، في البَحْر الأبْيض المُتوَسِّط. إنَّ مواقِعَ الأرضِ والشَّمْسِ والقَمر المُتغَيِّرَة هي التي تُحدِّدُ ارْتفاعَ المَدِّ وانْخفاضَ الجَزْر حولَ سَواحِلنا.





تغيُّراتُ المَدِّ والجزْر

يَشُدُّ القمرُ بالجَذبِ الأقوى على المُحيطاتِ الأَقْربِ إليه. وهو أيضًا يَشُدُّ الأرضَ بعيدًا عن الماءِ في جانبِها الآخَر. فتكونُ نَتيجةُ ذلكَ اَنْتباجًا للماءِ بينَ الأرضِ والقَمَر، وانتِباجًا آخَرَ على جانبِ الأرضِ المُقابِل. وبِدَورانِ القَمَرِ حولَ الأرض، يَتْبَعُه الاِنْتِباجانِ المائيَّان جاعِلَيْن مَنْسوبَ سَطْحِ البَحْر في أيِّ مكانٍ يَرْتَفِعُ ويَهْبِط.

القُدْرَةُ المائيَّةُ في الطبيعة

الخُطوطُ السَّاحليَّةُ في العالَمِ مُعرّضةٌ لِرَدْسِ البَحْر باستِمْرار. والأمواجُ تُمْتخِضُ وتتكسَّر على جَنَباتها بشَكلٍ مُتواصِل - جارِفةً الموادَّ من بعضِ المواقعِ لِتُرَسِّبَها في مواقعَ أُخرى، تَبعًا لِحرَكاتِ التيّاراتِ البَحْريَّةِ وحَرَكةِ المَدِّ والجَزْر واتِّجاهِ الرِّياح. وقد يؤدّي الحَتُّ المستمرُّ في بعضِ المناطِقِ الساحليَّة إلى تأكُّلِ الجُرُف الصَّخْريَّةِ وتفَتُّتِها، فيَتسَبَّبُ ذلك بانْهِيارِ قُرًى بكامِلِها وسُقوطِها في البَحْر.

وقد تكْتَسِحُ انْدِفاقاتُ المَدِّ السَّناميَّةُ المَصدّاتِ وحَواجزَ الحِمايةِ البَحْريَّة، فتَغْمُرُ مِساحاتٍ شاسِعةً من اليابِسة، وتُودي بحَياة الكثيرينَ في بعضِ المناطق. والمعروفُ أنَّ النِّصْفَ الغربيَّ من هُولَنْدا هو أراضٍ أخفضُ من مُسْتَوى سَطْحِ البَحْر. وقد اشتُهِرَ الهولَنديُّون بحِمايةِ بَلَدهم بإقامةِ الحواجزِ الترابيَّةِ والسُّدودِ المُسَنَّاة الصخريَّة. لكِنْ، في عام 1953، اكتَسَحت انْدفاقاتُ المدِّ السَّناميَّةُ تلك السُّدودَ وغَمرتْ مناطقَ شاسعةً من الرِّيف الهُولنديِّ وأودتْ بحياةِ 1800 شخص.

والفَيَضاناتُ ليسَتْ دائمًا شرًّا مُدمِّرًا، ففي مصرَ القديمةِ، كان المُزارعون يعتمِدونَ على فَيَضانِ نَهر النِّيل، حاملًا الطَّمْيَ الغَنيَّ بالمُغَذِّياتِ إلى أراضيهم ومَحاصيلِهم الزراعيَّة. كذلك فإنَّ الجَليدَ يُمكنُ أنْ يُغَيِّرَ معالِمَ المَناظرِ الطبيعيَّةِ بشكلٍ لافِت. فالمَثالِجُ تَحْفِر أودِيةً عميقةً نُونيَّةَ الشَّكْل بانْسِيابِها البطيءِ نحوَ البَحْر على مَدى عِدَّةِ قُرون.

مَنْزِلٌ في مُقاطعةِ وكْسفُورْد، بإرْلَنْدا يَنْهارُ في البَحْر، بفِعْلِ دَكِّ الأمْواجِ المُستمِرِّ وسَحْلِ الجرُفِ الصَّخْريَّةِ تَحْتَه.

الصُّورةُ المؤطَّرةُ ضِمْنَ الصَّفْحةِ التالية - لقد نحَتَتْ أمواجُ المُحيط الأطلسي طريقَها عَبْرَ صُخورِ الطَّفْلِ على ساحلِ كورْنوُول، بإنكلترا، تاركةً أعمِدةً ميحادِيَّةً من الصَّخْر.

حَقائِقُ ومَعْلومات

الزلازِلُ تحتَ البَحْر تُحدِثُ أمواجًا سَناميَّةً عارمةً تُعرَفُ بالتسُونامي (موج الميناء باليابانيَّة). ففي عام 1868، أحدثَ زِلْزالٌ في المُحيط الهادي مَوجةً تْسُونامِيَّةً اندفعَتْ إلى عُلوِّ 14 م عندَ ارْتطامها بساحِلِ التشيلي. هذه التسُونامي كانت مِنَ القُوَّةِ بحَيْثُ حملَتْ سفينةً حربيَّةً أمريكيَّةً إلى مَسافةِ 3 كم داخِلَ التشيلي؛ وأودَتْ بحياة 25000 شخصٍ غَرَقًا في الفَيَضاناتِ الناتِجةِ عنها.



مَطَرٌ غزيرٌ يَغْمُرُ ساحِلًا مَداريًّا. فالهواءُ المَوسوقُ بالرُّطوبة من المُحيطات يَرْتفِعُ فوقَ البَرِّ الأسخَنِ فتَهْبِطُ درجةُ حَرارته. وعندما يبْرُدُ الهواءُ تقِلُّ قُدرتُه على حملِ كميَّةِ الرُّطوبة التي كان يَحْملُها الهواءُ السَّاخِنُ، فتَتَساقطُ الرُّطوبةُ على البَرِّ مَطَرًا.

حَقائقُ ومَعْلومات

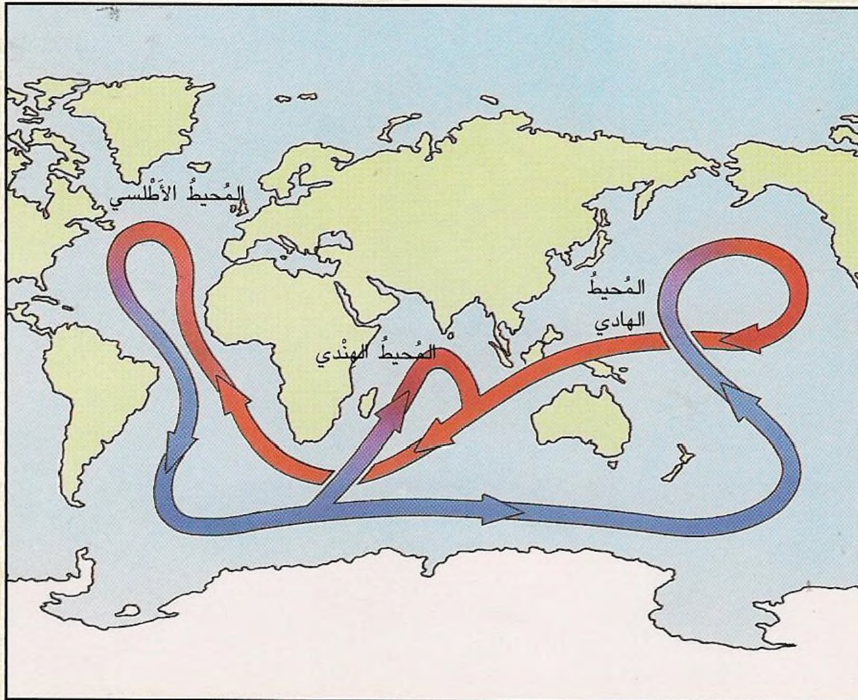
في الفَتْرةِ بَينَ نيسان (أبريل) وتشرين الأوّل (أُكتوبر) من كُلِّ عام يَنْعكِسُ اتِّجاهُ الرِّياح التي تَهُبُّ عَبْرَ شِبْهِ القارَّةِ الهِنْديَّة من الشَّمالِ الشَّرقي. فبدَلَ أنْ تَهُبَّ عَبْرَ البَرِّ الآسيويِّ الجاف، تَهُبُّ فوقَ المُحيط الهِنْدي قبْلَ بلُوغِها الهِنْد. وهكذا فهي تحملُ الرُّطوبةَ من المُحيطِ وتُطْلِقُها مَطرًا غَزيرًا فوقَ الهِنْد. إنَّ أمثالَ هذه الرِّياح التي تُغَيِّرُ اتِّجاهاتِها حسَبَ الفُصول تُسَمَّى رياحًا مَوسِميَّةً.

تأثيرُ المُحيطاتِ في الطَّقْس

مُحيطاتُ العالَمِ لها تأثيرٌ بالغٌ في أَحوال الطَّقْس والمُناخِ على المَدى الطويل. فهي تَخْتَزِنُ بعضَ حرارةِ الشَّمْس وتَنْشرُها حولَ الأرض.

وتَسري ضِمْنَ المُحيطات انْسيابات تيّارِيَّة من مياهِ البَحْر أُفُقيَّةٌ غالبًا في اتِّجاهاتٍ مُختلِفة. هذه التيّاراتُ المُحيطيَّةُ تُسَبِّبُها جُمْلَةُ التيّاراتِ الهوائيَّة في الجَوّ، بالإضافةِ إلى حَرَكةِ المَدِّ والجَزْر وانْصِبابِ مياه الأنهار في البِحار على امْتدادِ السَّواحِل. وهنالك أيضًا تيّاراتٌ عموديَّةٌ من مياهِ البَحْر تَرْتَفِعُ إلى السَّطْح، بِفِعْل كونِ المياهِ السَّاخِنة أَقَلَّ كثافةً من الماءِ البارِد. وعندما تَبْرُدُ هذه المياهُ بانْتِقالِ بعضِ حرارتها إلى الهواءِ المُلامِس للسَّطْح، تَثْقُلُ وتَغُوصُ عائدةً إلى أسْفَل.

كذلك فإنَّ الهواءَ الذي يَسْخُنُ فوقَ سَطحِ البَحْر يرتفعُ في الجَوِّ فيبرُدُ ويَثْقُلُ، ثُمَّ يَغُوصُ عائدًا إلى أسْفَل. هذا معَ العِلْم أنَّ الرُّطوبةَ المُتَبَخِّرةَ من البَحْر، تُحْمَلُ صُعُدًا في الهواءِ السَّاخِن ثُمَّ تتكاثَفُ بِبُرودته فتكوّنُ السُّحُبَ وتَتَساقَطُ مَطَرًا. وهكذا تتكَرَّرُ دَورةُ الطَّقْس.



سَيْرُ الناقِلةِ المُحيطيّ

التيّار المُحيطيُّ الرئيسيُّ – السَّيرُ الناقِلُ المُحيطيُّ العَظيم – يمتدُّ دائرًا حولَ العالَم ومن القُطْبِ إلى القُطْب. فالمياهُ العميقةُ البارِدةُ القريبةُ من القُطْبِ الجَنوبيِّ تَنْسابُ إلى المُحيطَيْن الأَسْخنَيْن الهِنْدي والهادي. وعندما تَسخُنُ هذه المياهُ، تَرْتَفِعُ وتَنْسابُ غربًا إلى المُحيطِ الأَطْلسي. ومن ثَمَّ تَتحَوَّلُ هذه المياهُ شمالًا فتَبْرُدُ، وتَغوصُ ثانيةً لِتَنْسابَ نحوَ القُطْبِ الجنوبيّ.

تيّاراتُ المياهِ السَّاخِنة

تيّاراتُ المياهِ البارِدة

القُدْرةُ المائيَّةُ عَبْرَ التاريخ

النَّواعير

كانت المياهُ الجارية مَصدرَ القُدْرة الرئيسيَّ لِلصِّناعة على مَدَى 4000 سنة وربّما أكثر. وكانت النَّواعير (السَّواني) أُولى الوسائلِ الآليَّةِ العمليَّة لِلإفادة من القُدْرةِ المائيَّة. تتألَّفُ الناعورةُ النهريَّةُ من دولابٍ ضخم ذي مغاديفَ مُثبَّتةٍ حولَ حِتاره. عِندَ انْغِمارِ الدولاب في المياهِ الجارية يَدورُ بقُوَّةِ الدَّفعِ على المغاديف. ويمكِنُ وَصلُ الجُزْعِ، عَبْرَ مَرْكز الدُّولاب، بحَجَرِ رَحًى ثقيلٍ لِطَحْن الحُبوب.

ويُعْتقَدُ أنَّ المِصْريِّينَ القُدماءَ كانوا أوَّلَ من استخدمَ النواعيرَ على نَهْرِ النِّيل، حوالى العام 2000 ق.م.

حَقائقُ ومَعْلومات

انتشرَتِ القُدْرةُ المائيَّةُ بِسُرعةٍ في القُرونِ الوُسْطى بين القرنَيْن العاشِر والخامِسَ عَشَر. ويوردُ سجِلُّ مِلكيَّةِ الأراضي والعَقارات بإنكلترا أنَّه كان هناك 5624 طاحونةً مائيَّة عامَ 1086. والمعروفُ أنَّ الطواحينَ المائيَّةَ المُستَخْدمةَ في طحنِ الحُبوب كانت شائعةً أيضًا عَبْرَ أوروبا والشَّرقِ الأوسَط منذُ القرن الثالثِ الميلادي. وبحُلول القرنِ السَّادس كانتِ المُدنُ الأوروبيَّةُ قد نَمَتْ واتَّسعَتْ بحيثُ كان من المُستَحيل تَزْويدُ سُكَّانِها بالطعام دونَ تَسْخيرِ القُدْرةِ المائيَّة.

مِثْلُ هذه الناعورةِ على نَهْر تِسْت في إنكلترا لا تزالُ تُشاهَد على نهر العاصي في مدينة حمص بسوريا. ومعلومٌ أنَّ معظمَ الطواحينِ والآليَّات المائيَّة اختفت خِلالَ القرن التاسِعَ عَشَر لِتَحُلَّ مَحلَّها المُحرِّكاتُ البُخاريَّة. فَقَد فُكِّكَ مُعظمُ تلكَ النواعير أو تُرِك لِلبِلَى. لكِنَّ بِضْعةَ طواحينَ ما زالَت باقيةً حتَّى الوقتِ الحاضر بدَواليبَ صالحةٍ.

إلى اليَسار: هذه ناعورةٌ فرنسيَّةٌ من القرنِ السَّادسَ عَشَر كانت تُشَغِّلُ سِلْسلةً من أكيارِ (ج. كِير) الحدَّادين لِنَفْخِ الهواءِ داخل الأفران. وتُشاهَدُ بوضوح السلسلةُ المُعَقَّدةُ من الوُصلاتِ الميكانيكيَّة التي تُحوِّلُ الحركةَ التدويميَّة لِلدُّولابِ إلى حركةٍ تَرَجُحيَّة تَدْفَعُ مقابِضَ الأكيارِ صُعُودًا وهُبُوطًا.

أوَّلُ وَصْفٍ تَفْصيليٍّ لِلناعورة كان من وَضْع المُهَنْدس المِعْماريِّ الرُّومانيِّ، فِتْرُوفيوس، عامَ 27 ق.م. ووَفْقًا لما يذكُره، فإنَّ الناعورةَ كانت شائعةَ الاستِخْدام حينئذٍ؛ وكان قد سبَقَ اختراعُها من قِبَل المُهَنْدسين اليونانيين. وقد كتبَ عالِمُ الجُغْرافية اليوناني، سْترابُو، وَصفًا لِدُولابٍ يَدورُ بالقُدْرةِ المائيَّة شاهدَه عامَ 24 ق.م، في مِنْطقةٍ تُؤلِّفُ جُزءًا من تُركيا حاليًا. إنَّ مُعْظَمَ تلك النواعيرِ كان يُستخْدَمُ لإدارةِ حِجارةِ الرَّحَى لِصُنْع الدَّقيق؛ ولكنَّها استُخْدِمَتْ أيضًا لأغراضٍ أُخرى - فبعضُها كان يُستَخدمُ لتشغيلِ المَطارقِ أو نَفْخِ الأكيارِ في مَسابِكِ الحَديد.

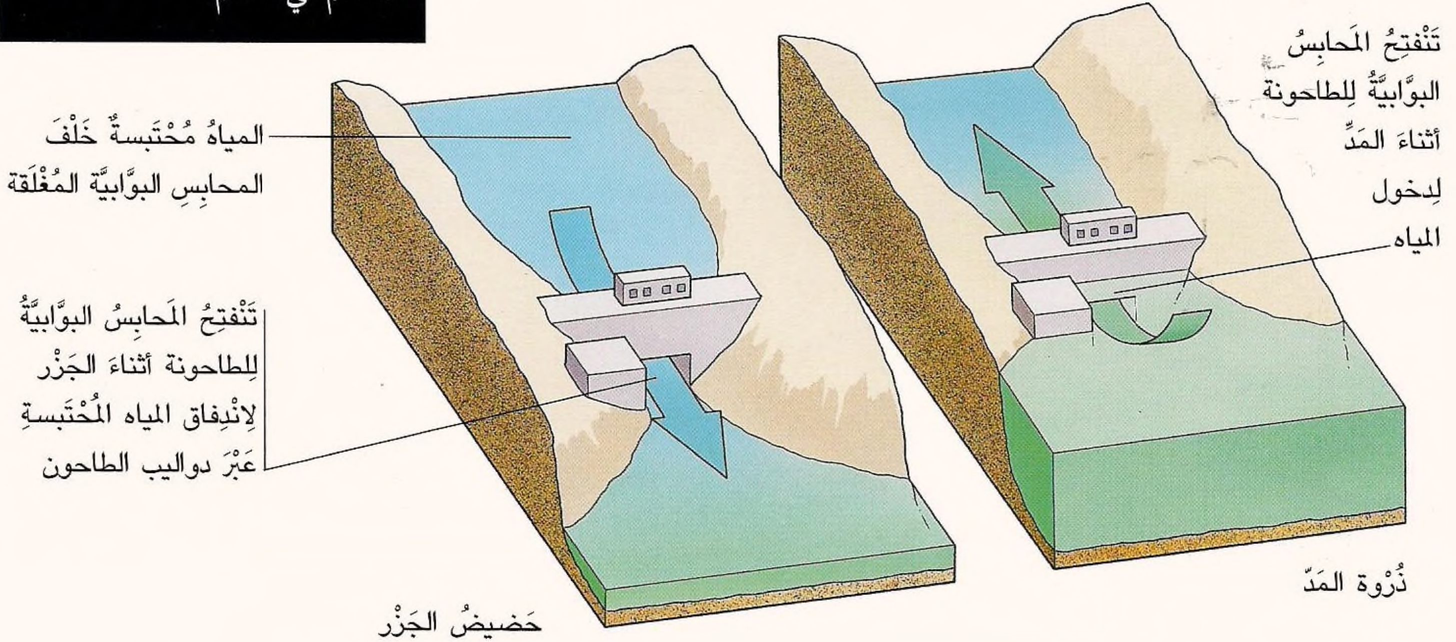


قُدْرَةُ المَدِّ والجَزْر

في الأماكنِ التي كانَ انْدفاقُ مياهِ الأَنهار فيها أبطأَ وأضعفَ من أنْ يُديرَ دواليبَ النَّواعير، اكتشفَ مُهَنْدسُو القُرونِ الوُسْطى أنَّ باستطاعَتِهم استِخْدامَ حَرَكَتَي المَدِّ والجَزْر كمَصْدرٍ لِلطاقة. إنَّ مياهَ المَدِّ في العادة أبطأُ من أنْ يُسْتفادَ بها، لكِنْ يُمكِنُ تَخْزينُها واستِخْدامُها لاحقًا. وكان تَخْزينُ مياهِ المَدِّ المُرتفِعَة يَجْري خَلْفَ مَحابِسَ بَوَّابيَّةٍ خَشَبيَّة تُقْفَلُ تِلقائيًّا، عند تحوُّلِ المَدِّ، بقُوَّةِ دَفْعِ المياه المُحْتَبسةِ خَلْفَها. ثُمَّ في فَترةِ الجَزْر، كانت تُوجَّهُ المياه لتَنْدفِقَ عَبْرَ دُولابِ الطاحونة.

حقائقُ ومَعْلومات

في خَليج فَنْدي على السَّاحلِ الشرقيِّ لكَنَدا، يحصلُ أعظمُ مَدٍّ وجَزْرٍ في العالَم على مَدارِ السَّنة. فعندَ انْدفاق مياهِ المَدّ من المُحيطِ الأطلسيّ تَطْغى على الخليج القِمْعيِّ المُتَضيِّقِ ومَدْخَليه الطرفِيَّيْن أمواجُ عارِمةٌ ترتفِعُ إلى عُلوِّ 16 مترًا. وقد يبلُغُ المَدى بينَ مُسْتوى سَطْحِ البَحْر أثناءَ حَضيضِ الجَزْر وبين مستواه عند ذُروةِ المَدِّ 21 مترًا، وهو المَدى الأعظَمُ في العالَم.

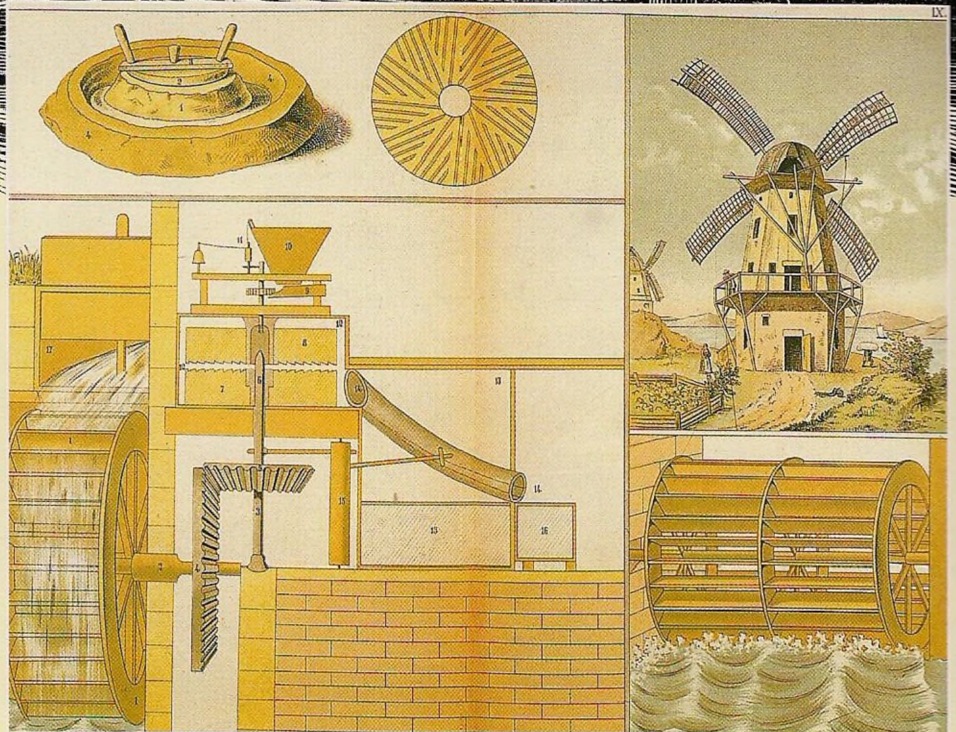


مَعابُ الطواحينِ المَدّجَزْريَّة

عَيْبُ الطواحين المَدّجَزْريَّة أنَّه لا يُمكِنُ استِخْدامُها إلّا لِبِضْعِ ساعاتٍ يوميًّا أثناءَ حَضيضِ الجَزْر. وبسبَبِ التغَيُّرِ اليوميِّ في أوقات المَدِّ والجَزْر يَتوجَّبُ تَغْييرُ ساعاتِ عَمَلِ الطحَّانين يوميًّا أيضًا. لقد أُقيمت الطواحينُ المدّجَزْريّة في القَرْنِ الثاني عَشَر على نَهر أَدُور قُرْب بايُون، بفرَنْسا، وفي مَصَبِّ نَهر دِبِن في سَفُولك، بإنكلترا. واستمَرَّ تَزايدُ أعدادِها حتّى بلغَ مجموعُ العاملةِ منها في أوروبا في القَرْنِ التاسعَ عَشَر حوالى 100 طاحون.

الصُّورةُ المُؤطَّرةُ في الصفحة التالية مأخوذَةٌ من كتابِ «الفيزياءِ في صُوَر» المَنْشور عامَ 1882. وهي تُبَيِّنُ تفاصيلَ دواليبِ الطواحينِ ومَنْظوماتِ المُسَنَّناتِ في طاحونٍ هوائيٍّ وناعورَتَيْن.

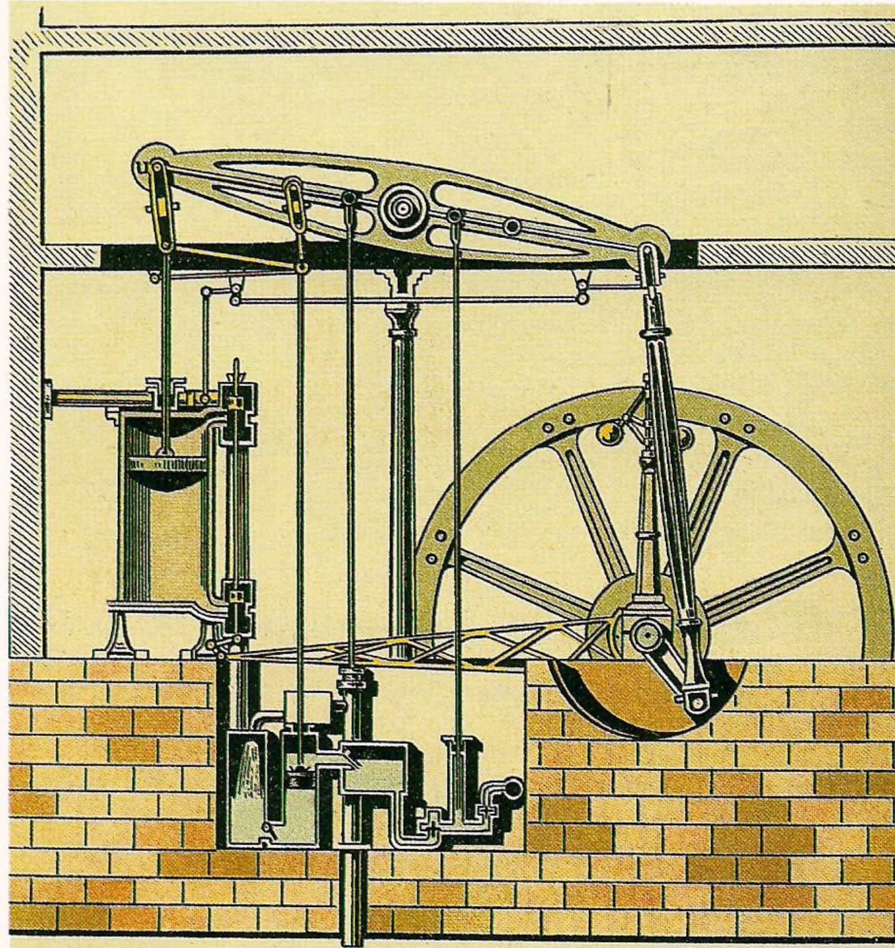
فوق: هذا المَركبُ المُسطَّحُ الرَّاسِي في نَهْرِ التِّيمز، بإنكلترا، كان يَسْتَخدِمُ قُدْرَةَ المَدِّ في تَشْغيلِ عُدَّةَ نِجارةٍ بما فيها مِنْشارٌ قُرصِيّ. وكانتِ القُدْرةُ تُنْقَلُ بواسِطةِ سَيْرٍ يمتَدُّ عَبْرَ دُولابٍ ناعوريّ، قُطْرُه مِتْران، تحت المركب إلى المُعَدَّاتِ الآليَّةِ على سَطحِه.



المُحَرِّكاتُ البُخاريَّةُ في المَيدان

أخذتِ القُدْرةُ المائيَّةُ مَوقِعًا مُتَمَيِّزًا بتطويرِ المُحرِّكِ البُخاريِّ في القَرْنِ الثامِنَ عَشَر. فالماءُ عندما يَتحوَّلُ إلى بُخارٍ يتمَدَّدُ بِسُرعةٍ وبزَخْمٍ عظيمٍ. فاللِّتْر الواحدُ من الماء يُنْتِجُ 1300 لِتْر من البُخار؛ وهذه الحقيقةُ كانت مَعْروفةً منذُ القِدَم. فَقد صنَعَ هيرُو الإسْكَنْدريُّ دُولابًا يُدارُ بالبُخار، لكِنَّه لم يكُنْ أكثرَ من لُعْبةٍ تَسْلِيَةٍ؛ فلم يُستَخْدمْ في أداءِ أيِّ شُغْل. وكان المُخْترِعُ الفرَنْسيُّ، دنيس پاپِن، أوَّلَ من طوَّرَ آليّاتٍ تَسْتَخدِمُ البُخار لإنجازِ شُغْلٍ مُفيد كالقِدْر الضغطيَّة. لكِنَّ الفَضْلَ يَعودُ إلى توماس نيوكومِن كمُخْترعٍ أوَّلِ مُحرِّكٍ بُخاريٍّ عَمَليٍّ عامَ 1712.





إلى اليَمين: مُخَطَّطٌ، من القَرْنِ التاسِعَ عَشَر، لِمُحَرِّكِ واط البُخاريّ. وكانَ هذا المُحَرِّكُ الجديدُ أكثرَ فعاليَّةً من مُحَرِّكِ نيوكومِن وأكثرَ مُعتمَدِيَّةً أيضًا.

إلى اليَسار: اِندفاقُ البُخارِ، على ضَغْطٍ مُرتَفع، من مِرْجلٍ إلى كَبَّاسٍ داخلَ أُسْطوانة يُمكِنُ اَستِخْدامُه لِتدويرِ دُولابٍ – كما هو بَيِّنٌ في هذا المُخَطَّط.

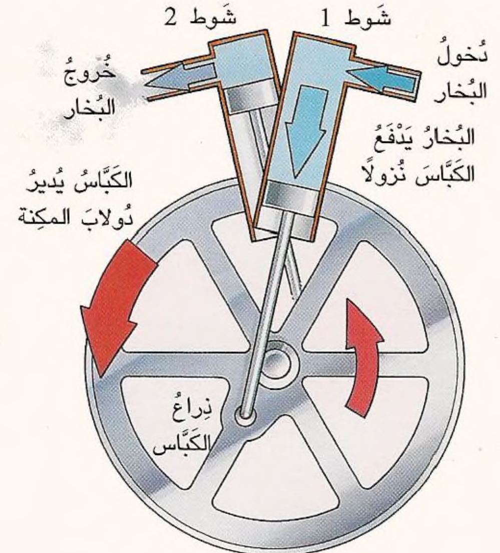
حقائقُ ومَعْلومات

أَوَّلُ قاطرةٍ بُخاريَّة كانت من صُنْع ريتْشارد تْريڤيثيك عامَ 1804. وقد استطاعتْ جَرَّ حُمولةٍ وزنُها عَشَرةُ أطنانٍ وحوالى 70 راكبًا بِسُرعةِ 15 كم/ سا على مَدى سِكَّةٍ طُولُها 15 كم بين مَصْنَع حَديدٍ وقناةٍ في ويلز.

تَحوي القاطرةُ البُخاريَّةُ مِرْجَلًا يُسَخِّنُ ماؤه بِوَقْدِ الفَحْم. وضَغْطُ البُخار من المِرْجَل يُديرُ الدواليب.

مَكِناتُ وآليّاتُ القُدْرةِ البُخاريَّة تُغَيِّرُ وَجْهَ العالَم

صُمِّمَ مُحَرِّكُ نيوكومِن لِحَلِّ مُعْضلةٍ مُعَيَّنةٍ. فقد كانتِ المناجِمُ العميقةُ تُغْمَرُ غالِبًا بالماء. وصُنِّعَ مُحَرِّكُ نيوكومِن البُخاريُّ لِضَخِّ الماءِ إلى خارج المناجم. وفي عام 1765، حَسَّنَ جيمس واط تَصْميمَ نيوكومِن، واستَخْدَمه في إدارةِ وتَشْغيلِ أَنْماطٍ أُخرى من الآليّات. ومع نِهايةِ القَرْنِ الثامِنَ عَشَر، كان قد تَمَّ صُنْعُ مئاتِ المُحرِّكات البُخاريَّة. وبِها تحَوّلَتْ بريطانيا، ومن ثَمَّ أوروبا وأمريكا بِسُرعةٍ، إلى عَصْرٍ غدا يُعرَفُ بالثَّورةِ الصِّناعيَّة.



تَسْخيرُ القُدْرةِ المائيَّة



كِفايةُ مِثْلِ هذه النّاعورةِ العُلْويَّةِ الدَّفْقِ أكثَرُ ثلاثَ مَرَّاتٍ من كِفايةِ ناعورةٍ سُفْليَّةِ الدَّفْعِ بالحَجْمِ نَفْسِه. وذلك لأنَّ دَورانَ الدولاب بالدَّفقِ العُلْويّ يعتمِدُ لا على سُرعةِ انْدفاقِ المياه فقط بل على ثِقْلِها أيضًا.

حقائقُ ومَعْلومات

بدأت فِكْرةُ الناعورةِ مع الدواليب ذاتِ الدِّلاءِ القادوسيَّة المُدارة بِجَرِّ الثيران والمُستَخْدَمةِ لِرَفْعِ المياه من السَّواقي والأنهار. فأثناءَ دَورانِ الدولاب تُمْلأُ الدِّلاءُ المُثْبَتَةُ به بالماء وهي صاعِدة، وتُفرِغُ ماءَها وهي هابِطة في قناةٍ على ضِفَّةِ النَّهر. ثُمَّ ٱستُغْنيَ عن جَرِّ الثيران حيثُ كان دَفْقُ المياهِ كافيًا لإدارةِ الدولاب.

تِقانيَّةُ النَّواعير

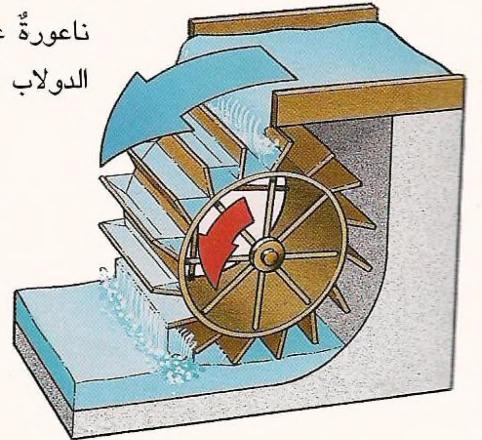
النَّواعيرُ هي أُولى الآليَّاتِ التي استَخْدَمَتْ طاقةَ المياه الجارِيَة. أمّا مكانُ أو زَمانُ صُنْعِ النواعيرِ الأُولى فغيرُ مَعروفٍ على التحديد، لكِنَّها رُبّما ابتُكِرَتْ في مكانٍ مّا مِنَ الشَّرقِ الأَوْسط مُنْذُ حوالى 4000 سَنة.

النواعيرُ قد تكونُ عَموديَّةً أو أُفُقيَّة. في العموديَّةِ منها يَنْتَصِبُ الدولابُ قائمًا كدُولابِ الدرَّاجة. وعندَ تَغْطيسِ أَسْفَلِ الدولاب العَموديِّ بالماءِ الجاري يَدورُ بقُوَّةِ دَفْعِ الماء على المَغاديفِ المُثبَّتةِ حولَ حافَّته. هذا النَّمَطُ يُسَمَّى النواعيرَ السُّفْليَّةَ الدَّفْع، لأنَّ المياهَ تَنْدفِقُ تَحْتَها. في النَّاعورةِ العُلْويَّةِ الدَّفْق يَدورُ الدولابُ بِسُرعةٍ أشدَّ لأنَّ المياهَ المُنْدفِقَةَ عليه من عَلُ تُديرُه بقُوَّةِ ٱنْدفاقِها كما بثِقْلها الضاغط في الدلاءِ الهابطة. ولعَلَّ أقدمَ سانِيَةٍ مَعْروفةٍ عُلويَّةِ الدَّفْق هي المُبيَّنةُ في لَوْحةٍ زَيْتيَّةٍ جِداريَّةٍ في سِرداب مَدافنَ رُومانيَّةٍ يَعودُ تاريخُها إلى القَرْنِ الثالث الميلادي.

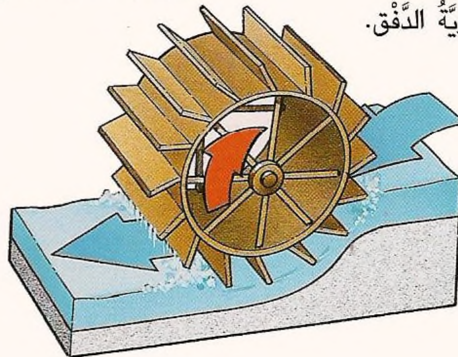
أمّا في الناعورةِ الأُفُقيَّة الدَّفْع فالدولابُ المُنْسَطِحُ يُدار بالمياه المُسْقَطةِ عليه من عَلُ أو المندَفِقةِ فوقَه من مِنْفَثٍ نافوريٍّ مُصَوَّبٍ نحوَ المَغاديفِ أو القواديسِ المُثبَّتةِ على حِتارِه.

النَّواعير

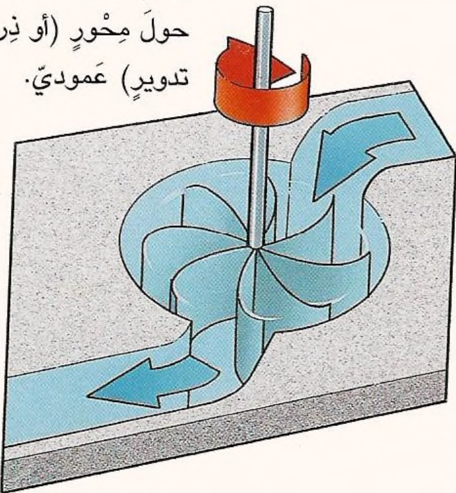
هنالك نَمَطانِ من النواعير – العموديَّةُ الدواليب السُّفْليَّةُ أو العُلْويَّةُ الدَّفْق، والنَّمطُ الأساسيُّ المُهِمُّ ذو الدَّواليبِ الأُفُقيَّة.



ناعورةٌ عموديَّةُ الدولاب عُلْويَّةُ الدَّفْق.



ناعورةٌ عَموديَّةُ الدولاب سُفْليَّةُ الدَّفْع.



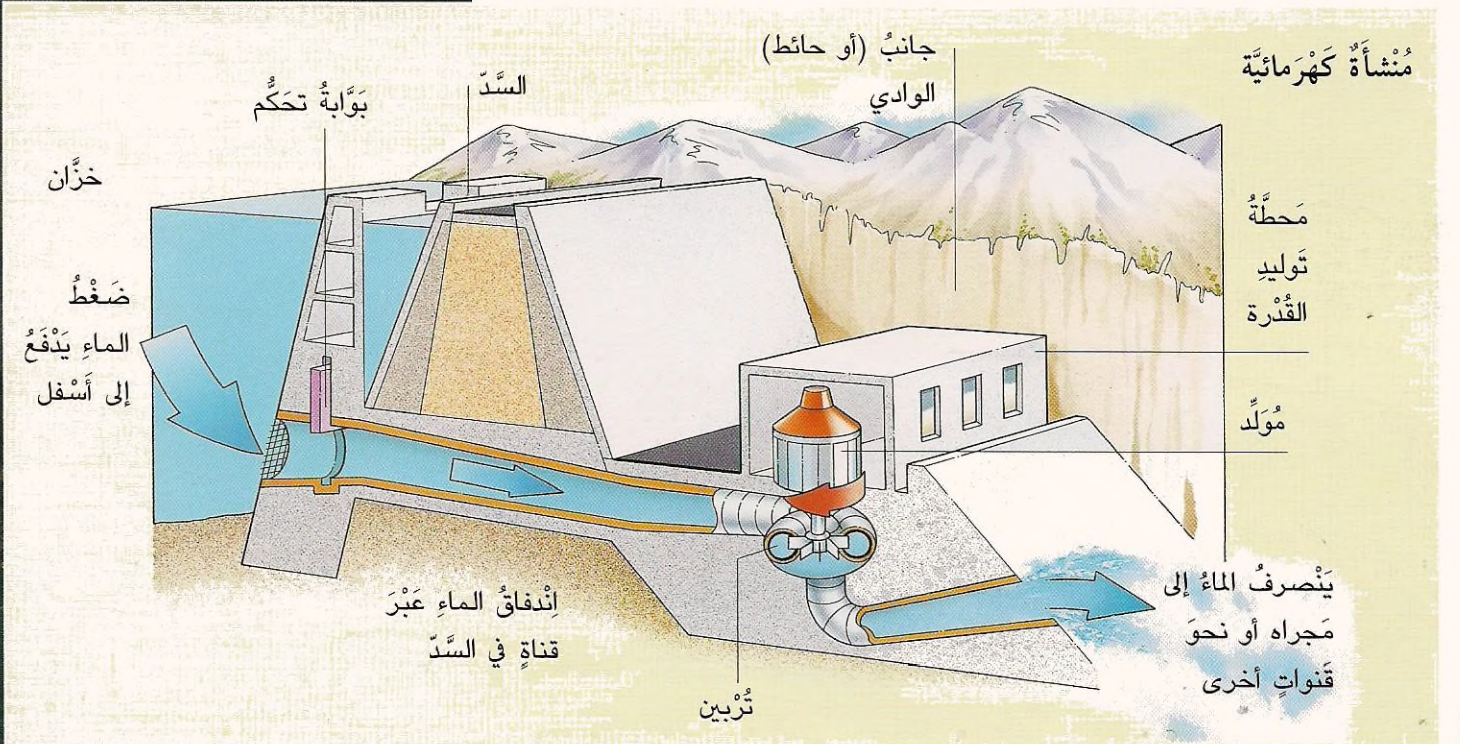
ناعورةٌ أُفُقيَّةُ الدولاب يُدَوِّمُ الدولابُ فيها حولَ مِحْورٍ (أو ذِراعِ تدويرٍ) عَموديّ.

القُدْرةُ الكَهْرَمائيَّة

طاقةُ الحركة في المياهِ الجاريةِ يُمكِنُ تَسْخيرُها في أداءِ شُغْلٍ أو تحويلُها إلى طاقةٍ من نوعٍ آخر. ومَحَطَّاتُ القُدْرةِ الكهرَمائيَّة تُنْتِجُ الكهرباءَ من طاقة المياه الجارية. فعندما تُوجَّهُ المياهُ الجارية إلى تُرْبين وتَلطِمُ أرياشَه، فإنَّ قُوَّةَ ٱنْدِفاقها تجعَلُ التُّرْبينَ يُدَوِّمُ. وهذا بدَورِه يُديرُ مُوَلِّدًا يُحَوِّلُ طاقةَ المياهِ الجارِيَة إلى طاقةٍ كهربائيَّة.

المُولِّداتُ تُوَلِّدُ طاقةً كَهربائيَّةً أكثَرَ إذا دَوَّمتْ بِسُرعةٍ أكثَر. إنَّ سُرعةَ التُّربين، وبالتالي كميَّةَ الكهرباء التي يُنْتِجُها المُوَلِّدُ الذي يُديرُه، تَعْتَمِدانِ على ضَغْطِ الماء. فكُلَّما ازدادَ ضغطُ الماءِ تَزْدادُ سُرعةُ تَدويمِ التُّرْبين – عِلْمًا أنَّ ضغطَ الماءِ يَزْدادُ مع العُمْق.

في مَحطَّةِ قُدرةٍ كَهْرَمائيَّةٍ نَمُوذجيَّة، تُنشأُ بُحَيْرةٌ عميقةٌ كخزّانٍ ضخمٍ لِلمياه بإقامةِ سَدٍّ، أو جِدارٍ عالٍ، عَبْرَ موقعٍ ملائمٍ في وادٍ أو نَهرٍ لاحتِجاز مِياهه. ويُمكِنُ فَتْحُ بَوّاباتِ التحَكُّم لِتَصْريفِ فائضِ الماء في مَجراه أو في قنواتٍ أُخرى حتَّى لا يَفيضَ السَّدّ. وهكذا فإنَّ الماءَ في قاعِ الخزّان يكونُ تحت ضَغطٍ عظيمٍ بتأثيرِ ضغطِ الماءِ العميق فوقَه.



سَدُّ وادي غْلِن عَبْرَ نَهر كولورادو في أريزونا، بالولايات المتحدة الأمريكيَّة، هو جُزْءٌ من مُنْشأَةٍ كهرَمائيَّة ضَخْمة ذاتِ سَدٍّ يَسْتوعِبُ الخزَّانُ خلفَه 40 000 مليون لِتْر من المياه. من السُّدود المشهورةِ نذكرُ السدَّ العالي في مِصر وسَدَّ دارتْماوث في أُستراليا وسدَّ توروخانسِك في روسيا.

حَقائِقُ ومَعْلومات

تُوفِّرُ مَحطَّاتُ القُدْرة الكَهْرَمائيَّةُ خُمْسَ الطاقةِ الكهربائيَّةِ في العالَم. وترتفعُ هذه النِّسبة إلى ما يقربُ من 40% في البُلدان النامية. وجديرٌ بالذكر أَنَّ كاملَ الطاقةِ الكهربائيَّة تقريبًا المُستهلكةِ في النَّروج تُنتَجُ في مَحطَّاتِ توليدِ القدرة الكهرَمائيَّة. وأَنَّ أضخمَ مَحطَّةِ قُدرةٍ كهرَمائيَّةٍ في العالَم هي مَحطَّةُ إتايْبو على نَهر بيرانا في أمريكا الجَنوبيَّة. وهي تُولِّدُ 13320 ميغاواط من الكهرباء - أي ما يكفي لِسدِّ احْتياجاتِ عِدَّةِ مُدُنٍ كبيرة.

مَحطَّاتُ قُدْرةٍ ضَخِّيَّةُ التخزين

يَتغيَّرُ الطَّلَبُ على الكهرباء باستِمْرارٍ طوالَ النَّهار واللَّيْلِ تَبَعًا لِلوَقت واليوم (من أيّام الأُسبوع) والطَّقس، وحتَّى أوقاتِ البَرامج التلِفْزيونيَّة! والمفروض أنْ تُكَيِّفَ مَحطَّاتُ تَوليدِ القُدْرة إنتاجَها لِمُساوَقةِ هذه الاِحْتِياجاتِ المُتغيِّرة. مَحطَّةُ القُدْرةِ الكهرَمائيَّة الضَخِّيَّةُ التخزين تَسْتَخدِمُ الطاقةَ الكهربائيَّةَ الفائضةَ من مَحطَّاتِ قُدْرةٍ أُخرى في فَترَاتِ انخِفاضِ الطلَب لتخزينِ مياهٍ يُمكِنُ استِخْدامُها في إنتاجِ الكهرباء عندَ اشتِدادِ الطَّلَب. ففي اللَّيْل، حينَ يَنْخفِضُ الطلَبُ على الكهرباء، تَضُخُّ مَحطَّةُ القدرة الضَّخِّيَّةُ التخزينِ ماءً من خزَّانٍ أخفَضَ منها إلى خَزَّانٍ آخرَ أعلى منها.

وخلالَ النَّهار، عندَ اشتِدادِ الطَّلَبِ على الكهرباء، يُدفَقُ الماءُ من الخزَّان الأعلى إلى الخزَّانِ الأَخْفضِ عَبْرَ تُرْبيناتِ مَحطَّةِ القُدْرة، التي تُديرُ مُولِّداتِ إنتاج الكهرباء. وعندَ ٱنْخفاضِ الطَّلَبِ على الكهرباءِ ثانيةً، تعمَلُ المُوَلِّداتُ عَكْسِيًّا كمُحرِّكاتٍ، فتُديرُ التُّرْبينات، التي تعمَلُ حينئذٍ كمِضَخَّاتٍ تضُخُّ الماءَ صُعُدًا إلى الخزَّان الأعلى، لِتكونَ جاهِزةً لِلاستِخدام في اليوم التالي.

على الصفحةِ التالية، تَرى مُجَمَّعَ فِسْتِنْيُوغ. إنَّ مَحطَّةَ القُدْرة الضخِّيَّة التخزين تَتطَلَّبُ خَزَّانَيْن. ففي فِسْتِنْيُوغ في ويلْز، توفَّرَ ذلك بتَوْسيعِ خزَّانٍ كان موجودًا من قبل وَبإقامةِ سَدٍّ على نَهْرٍ تحتَ مَحطَّةِ القُدْرة. فإذا اشتَدَّ الطلَبُ فَجأَةً على الكهرباء، تَسْتطيعُ المُولِّداتُ عندئذٍ إنتاجَ 360 ميغاواط خلالَ 55 ثانيةً – أي بما يَكفي لِسَدِّ ٱحْتياجاتِ آلاف المنازل.

المَحطَّةُ الضَّخِّيَّةُ التخزين ڤيغاريُو في ولاية ريو دي جانيرو، بالبرازيل، تَضُخُّ الماءَ صُعُدًا عَبْرَ أنابيبَ إلى خَزَّانها الأعلى. والكهرباءُ المُوَلَّدةُ، عندَ ٱنْدفاق الماءِ عائدًا ثانيةً عَبْرَ التُّرْبيناتِ، تُنْقَلُ إلى المُستهلكين في مُختلِفِ مواقعِهم بواسطةِ كُبولٍ مَحمولةٍ على أعمدةٍ بُرجيَّةٍ عاليةٍ مُربَّعةِ القاعدة.



عندَ الحاجةِ إلى الطاقة
يُخلَّى الماءُ ليَنْدفِقَ نُزولاً
إلى حُجْرةِ التُّرْبينات

خَزّانٌ عُلْويّ

سَدٌّ عُلْويّ

التُّرْبيناتُ والمُولِّداتُ مُبَيَّتَةٌ في
كَهْف اصطناعيٍّ فَسيحٍ وعميقٍ
في الجَبَل

أُنْبوبانِ مَطْموران
في سَفْحِ الجَبَل

يُضَخُّ الماءُ
صُعُدًا باستِخْدام
الكهرباءِ الفائضة من
مَحطَّاتِ قُدْرةٍ أُخرى

تُرْبينات/مِضَخَّات

مُولِّدات/مُحَرِّكات

خَزّانٌ سُفْليّ

حَقائقُ ومَعْلومات

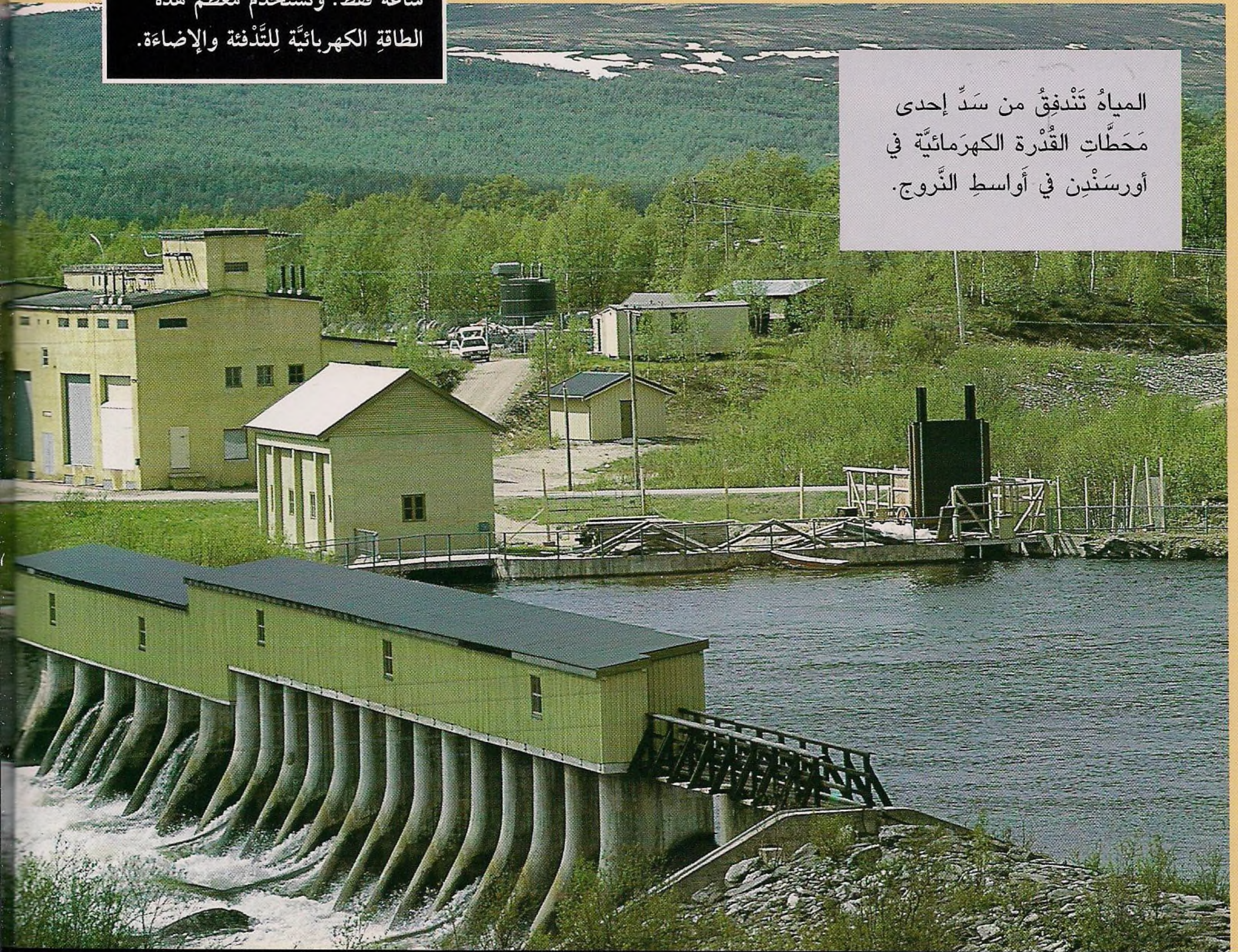
هنالك أكثرُ من 30 مَحطَّةِ قُدْرة ضَخِّيَّةِ التخزين في الولايات المتحدة الأمريكيَّة. وتوجَدُ المحطةُ الأكبرُ في العالَمِ من هذا النَّمَط في مقاطعةِ باث، بفرجينيا؛ وهي تُوَلِّدُ 2100 ميغاواط – في حين تُوَلِّدُ جميعُ مَحطَّاتِ القُدْرة الأمريكيَّةِ الضَّخِّيَّة التخزينِ مُجْتَمعةً حوالى 15000 ميغاواط.

الاِعتِمادُ على الكَهرَمائيَّة

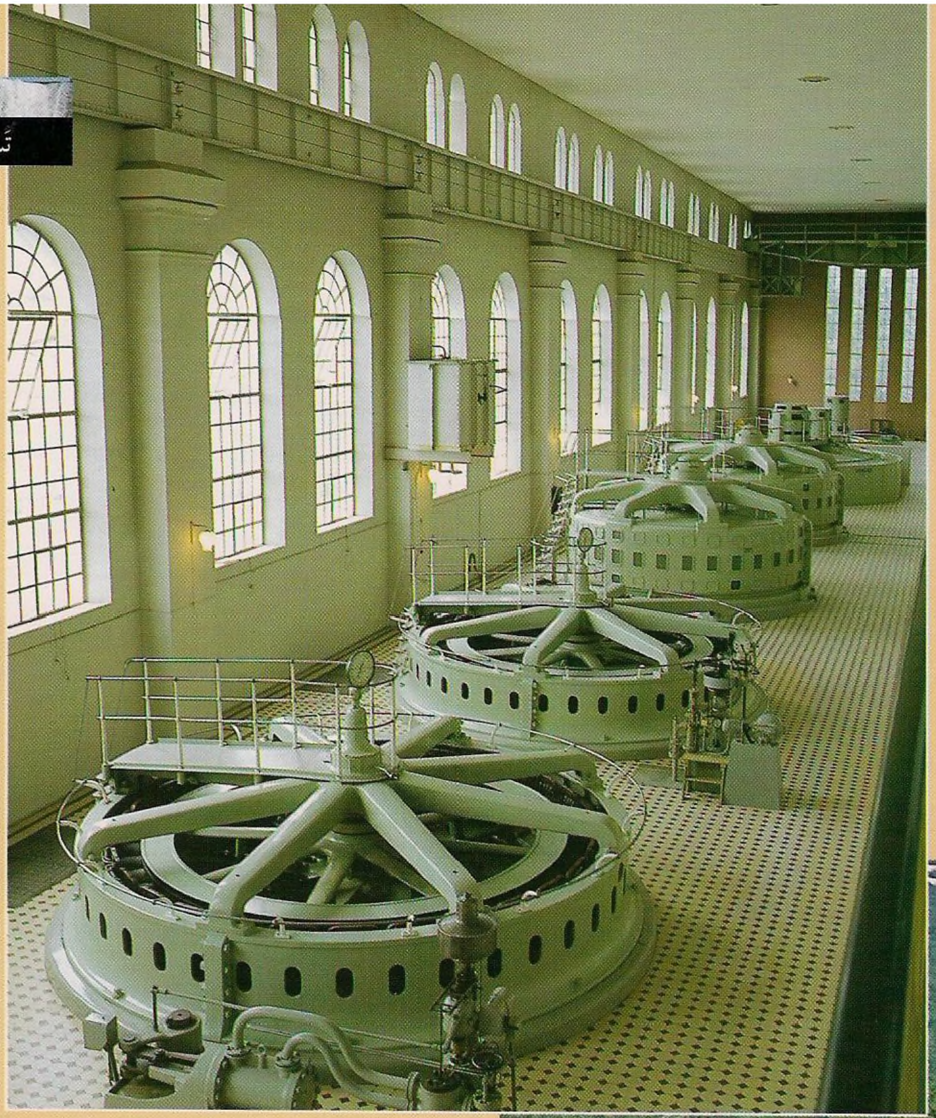
يَستَهلِكُ النَّروجيُّونَ الطاقةَ الكهربائيَّةَ أكثرَ من أيِّ شَعْبٍ آخرَ في العالَم. وقد تزايدَ الطلَبُ على الكهرباء في النَّروج منذُ العام 1975 بأكثرَ من 50%، ولا يَزالُ في تَزايُدٍ مُستَمِرٍّ. حتّى أوائلِ القَرْنِ العِشْرين، كانت مُعْظَمُ اَحْتياجاتِ النَّروج من الطاقة تؤَمَّنُ بوَقْدِ الحَطَبِ والفَحْم؛ ومُنذُئذٍ أخذتِ الطاقةُ الكهربائيَّةُ تَحُلُّ مَحلَّهُما تَدْريجيًّا. وقد كان باستِطاعةِ النَّروج إقامةُ أيِّ نَمَطٍ من مَحطّاتِ توليد القُدْرة، كمَحَطّاتِ الوُقُدِ الأُحفوريّة والمَحطّاتِ النَّوَويّة، لِسَدِّ اَحْتياجاتِها من الكهرباءِ، لكِنَّ الجبالَ العاليةَ وتَساقُطَ الأمطارِ الغزيرة على طولِ سَواحِلِها الغربيَّة جعلَتْ من النَّروج مَوقِعًا مِثاليًّا لإقامةِ مَحطّاتِ القُدرة الكهرَمائيَّة - حتَّى إنَّ أكثرَ من 99% من الكهرباءِ في النَّروج تُنتَجُ بالقُدْرةِ المائيَّة.

حقائقُ ومَعْلومات

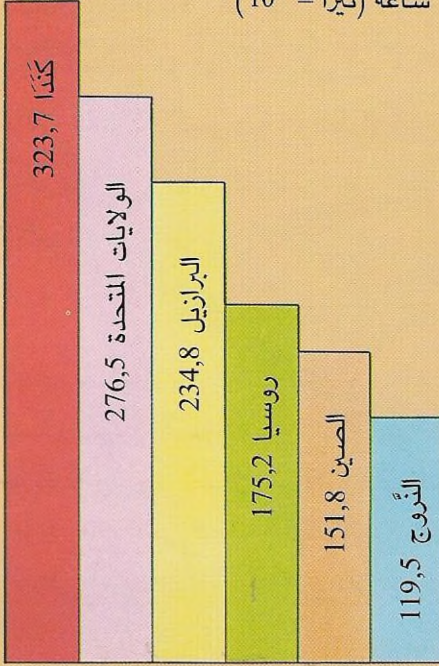
يَستَهلِكُ الفَرْدُ النَّرويجيُّ حوالى 30 000 كيلوواط ساعة من الكهرباء سَنَويًّا؛ وهذا الاستِهْلاكُ هو الأعلى في العالَم. وبالمُقارَنةِ مع البُلدانِ المُجاورة، فإنَّ الفَرْدَ في الدّانِمرك يَستَهْلِكُ حوالى 6000 كيلوواط ساعة سَنَويًّا، وفي سويسرا 800 كيلوواط ساعة فقط. وتُستَخْدَمُ مُعْظَمُ هذه الطاقةِ الكهربائيَّة لِلتَّدْفِئة والإضاءَة.



المياهُ تَنْدفِقُ من سَدٍّ إحدى مَحَطّاتِ القُدْرة الكهرَمائيَّة في أورسَنْدِن في أَواسطِ النَّروج.



الأرقام بالتّيراواط ساعة (تيرا = 10^{12})



فوق: مَنْظرٌ لِحُجْرة المُوَلِّداتِ في مَحطَّةِ قُدْرةٍ كهرمائيَّة في أواسِط النّروج.

بُلدانُ العالَم الأكثَرُ إنتاجًا للكهرباء من القُدْرة المائيَّة (إحصائيّات عام 1996).



قَضايا بيئيَّة

بَعضُ البُلدان تُولِّدُ كميّاتٍ أكبرَ من الكهرباء بالقُدْرةِ المائيَّة؛ لكِنَّ النّروجَ تَتميَّزُ بأنَّها تُوَفِّرُ كافَّةَ ٱحتياجاتِها الكهربائيَّة تَقريبًا من القُدْرة الكهرمائيَّة. فالكيلوواط ساعة من الطاقة الكهربائيَّة في النّروج يُكلِّفُ أقلَّ من نِصفِ كرُون، أي حوالى نِصف كُلْفَة الكهرباء في الدانِمَرك – البلَدِ المُجاور. والجديرُ بالذكْر أنّ القُدْرةَ الكهرمائيَّةَ لَطيفةٌ وعديمة الإضرار بيئيًّا – فلا وَقودَ يُحرَقُ ولا غازاتٍ سامَّةً تُنفَثُ إلى الجوّ. (عِلْمًا أنَّ الوُقُدَ الأُحفوريَّةَ كانَت ولا تزالُ تُستَخْدمُ لِبناءِ السُّدودِ ولإقامةِ مُنشآتِ القُدْرةِ المائيَّة).

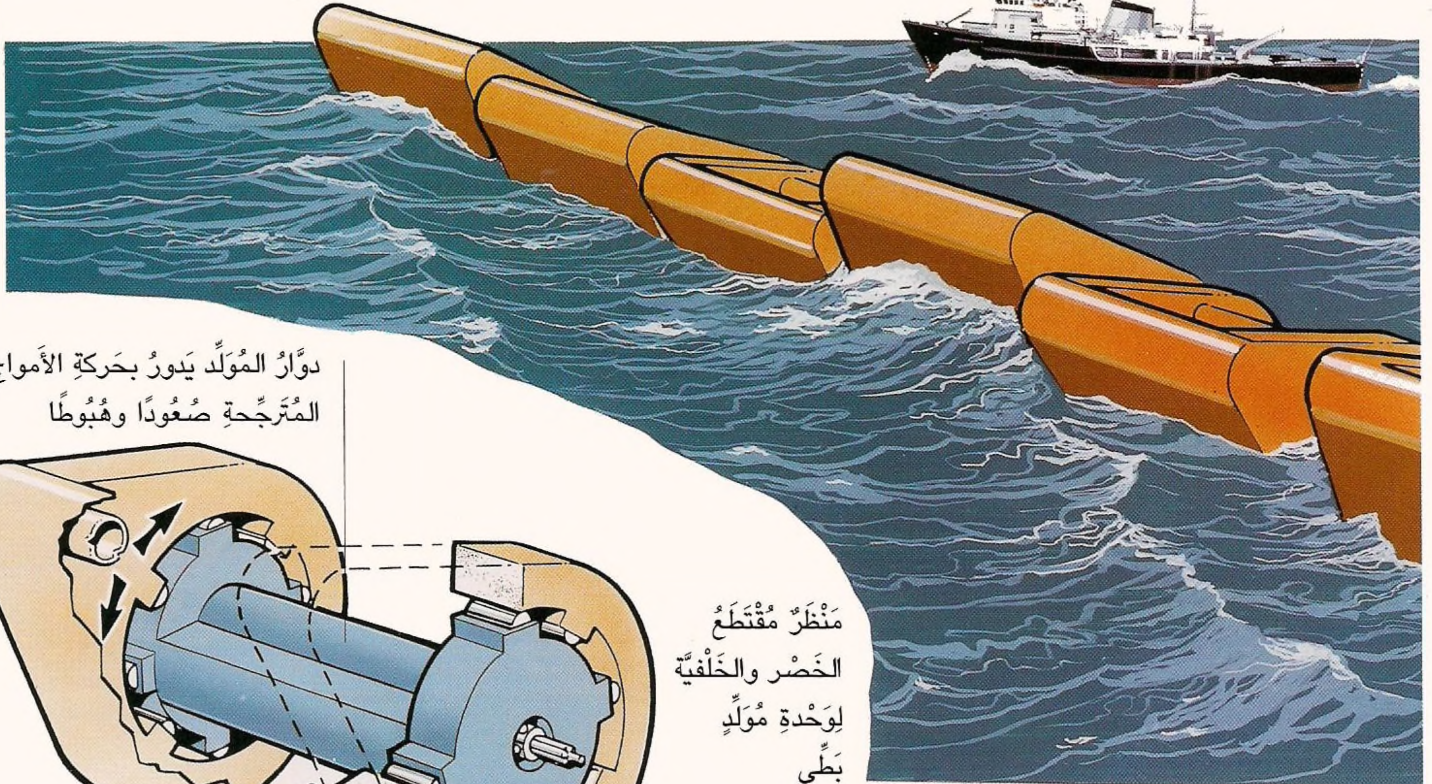
تَوليدُ الكَهْرباءِ من حركةِ المَوج

إنَّ أيَّ حَركةٍ لِلماءِ تقريبًا يُمكِنُ تَحْويلُها إلى كَهْرباء. إنَّ هَبَّ الرِّيح على سَطْحِ البَحْر، يُثيرُ الأَمْواجَ فوقَه فتَنْطلِقُ عارِمَةً نحوَ البَرِّ وتَتكسَّرُ على الشاطئ. والمعروفُ عِلميًّا أنَّ الحركةَ الموجيَّةَ تَنْطلِقُ عَبْرَ سَطْحِ البَحْر، لكِنَّ الواقعَ هو أنَّ الماءَ في أيِّ مَكانٍ من السَّطْح يتذَبْذبُ صُعُودًا ونُزُولًا ناقلًا الحركةَ التموُّجيَّة. والطاقةُ الحركيَّةُ لِلماء المُترجِّحِ هذه يُمكِنُ تَحْويلُها إلى طاقةٍ كهربائيَّة. فأيُّ طَوْفٍ جاثِمٍ على سَطْحِ الماءِ يَترجَّحُ مع الأمواجِ صُعُودًا ونُزُولًا؛ ولِتَوليدِ الكهرباء، يَنْبغي تحويلُ حَرَكةِ التَرجُّح هذه إلى حَركةٍ تَدويميَّةٍ يُمكِنُها تَدْويرُ مُوَلِّدٍ كهربائيّ.

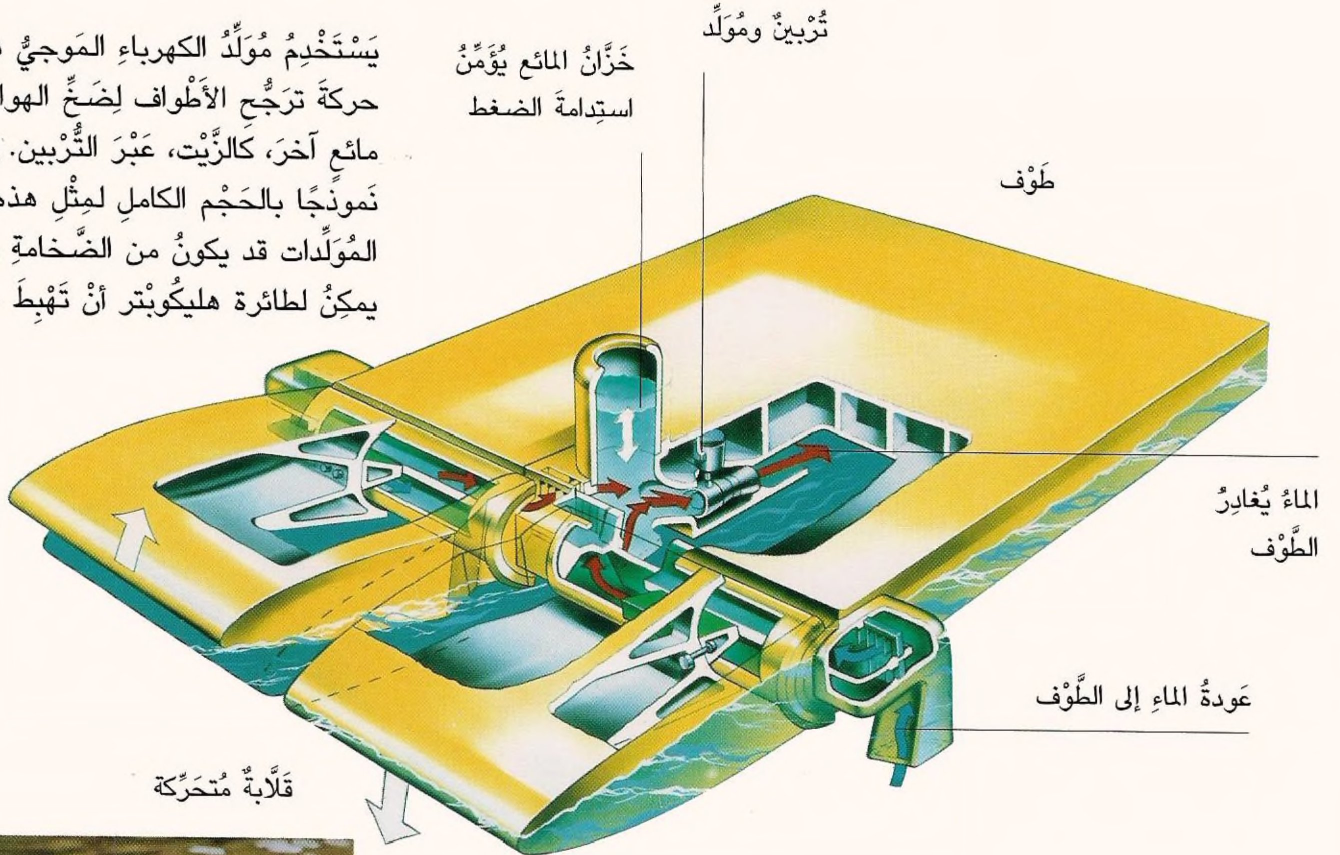
تحت: صَفيفٌ مِن بَطَّاتِ سُولْتَر المُرْساةِ في البَحْر تعمَلُ كأرياشٍ مُتَرَجِّحةٍ يُمكِنُها تَوليدُ الكهرباء وإرسالُها عَبْرَ كَبْلٍ إلى الشاطئ – إذ كُلُّ بطَّةٍ بِتَرجُّحها صُعُودًا ونُزُولًا تَشغِّلُ مُوَلِّدًا. وهذه البطَّاتُ عاليةُ الكِفاية حيثُ يُمكِنُها تحويل حوالى 90% من الطاقة المَوْجيَّةِ إلى كَهرباء.

حَقائِقُ ومَعْلومات

الطاقةُ المَوْجيَّةُ تُعزى إلى قُوّةِ الرِّيح؛ وهذه بدَورِها تُسَبِّبُها الطاقةُ الشمسيَّةُ التي هي في الحقيقةِ طاقةٌ نَوَويَّة. فالأمواجُ تُنْتِجُها الرِّياح؛ والرِّياح تَهُبُّ لأنَّ بعضَ أجزاءِ سَطْحِ الأرض الذي تُسخِّنُه الشَّمْس أسخَنُ من أجزاءٍ أُخرى. والهواءُ المُلامِسُ للأجزاءِ الأسخَنِ يَسْخُنُ ويَرْتفِعُ مُسْتَقِطًا هواءً أبردَ لِيَحُلَّ محلَّه. وهكذا فإنَّ الطاقةَ التي تجعَلُ أمواجَ البَحْرِ تَلتطِمُ كاحِلَيْك بدأَتْ كطاقةٍ نَوَويَّةٍ طَبيعيَّة.



يَسْتَخْدِمُ مُوَلِّدُ الكهرباءِ المَوجيُّ هذا حركةَ ترَجُّحِ الأَطْواف لِضَخِّ الهواءِ أو أيِّ مائعٍ آخرَ، كالزَّيْت، عَبْرَ التُّرْبين. إنَّ نَموذَجًا بالحَجْم الكاملِ لِمِثْلِ هذه المُوَلِّدات قد يكونُ من الضَّخامةِ بحَيثُ يمكِنُ لطائرة هليكُوبْتر أنْ تَهْبِطَ عليه.



تُختَبَرُ النَّماذِجُ الصغيرةُ من مُوَلِّداتِ الطاقةِ المَوجيَّةِ في خَزَّانٍ مائيٍّ قَبْل بناءِ النَّماذِج بالحَجْم الكبير. إنَّ كافَّةَ الظروف ضِمْنَ الخزّان يُمكِنُ التحكُّمُ بها بحيثُ يَسْتطيعُ العُلماءُ سَلَفًا قياسَ كفايةِ المُوَلِّداتِ وصلاحيَّتِها لِتَسْخيرِ الطاقةِ المَوْجيَّةِ في توليدِ طاقةٍ كهربائيَّة.

البَطّاتُ المُترَجِّحة والسُّلَجُ (شِبْه المَحاريَّة) العملاقة

بَطّاتُ سُولْتر هي نبائطُ ابتدَعها الدكتور سُولْتَر من جامعة إدِنْبورغ، باسكتلَنْدا، تَسْتَخْدِمُ طريقةَ ترَجُّحِ الأمواج لِتَوليدِ الكهرباء. أمَّا السُّلَجُ فهي أكياسٌ مَرِنةٌ تعمَلُ بطريقةٍ مُختلِفة - حيثُ تُعَبَّأُ سِلْسلةٌ من أكياسِ الهواءِ الطافِيَةِ عندَ عُبورِ الأمواجِ الصاعدة وتُفْرَغُ مع هُبُوطِها. والهواءُ المُنْضغِطُ داخلَ السُّلَجاتِ من كيسٍ لآخرَ يُدَوِّمُ المُوَلِّداتِ في الأنابيب عَبْرَ الأكياس عندَ آنْدفاعِ الهواءِ فيها مَلْئًا وإفراغًا. إنَّ كِلا هاتين النبيطتَيْن لا تَزالُ آختباريَّةً مَحْدودةَ النِّطاق؛ ولا تُنْتِجُ سوى كميَّاتٍ ضَئيلةٍ من الكَهْرباء.

مُولِّداتُ الأَعمدة المائيَّةِ المُترَجِّحة

الأَمْواجُ العارِمةُ الدارِجة من عُرضِ البَحْرِ نحوَ البَرِّ تَدْفَعُ المياهَ إلى الشاطِئِ بقُدْرةٍ هائلة. هذه القُدْرةُ يُمكِنُ تَسْخيرُها داخلَ أنابيبَ أو في أعمدةٍ مائيَّة مُوَضَّعةٍ على طُولِ الشاطِئ. عندما تَندَفِعُ المياهُ عَبْر الطرفِ السُّفليّ لِلأُنبوب، فإنَّها تَطرُد الهواءَ من الطرفِ الآخر. مُولِّداتُ الأعمدةِ المائيَّة المُترَجِّحةِ تَستَخْدِمُ هذه الظاهرةَ لِتوليدِ الكهرباء من الأمواج. تُقامُ الحُجْرةُ المَفْتوحةُ القِمَّةِ والقاعدة في واجهةِ جُرفٍ على الشاطئ بحيثُ يكونُ طَرَفُها السُّفليُّ تحتَ سَطْحِ الماء.

ثَقْبُ العَصْفِ هذا، في أُستراليا، تكَوَّنَ من حَتِّ المياهِ نَفَقًا عَبْرَ الصَّخْر. إنَّ قوَّةَ كُلِّ مَوْجةٍ تَخْبِطُ الماءَ عَبْرَ الثَّقْبِ القِمْعيِّ الشَّكْل بشِدَّةٍ وتَطرُدُه خارجًا عَبْرَ الفُتحة العُلويَّة. مُولِّداتُ الأعمدةِ المائيَّة المُترَجِّحة تُسَخِّرُ قوَّةَ مياهِ البَحْر بِطريقةٍ مُماثِلةٍ لتوليدِ الكهرباء.



بِترَجُّحِ الأَمْواجِ صُعُودًا وهُبُوطًا داخلَ الأُنبوبة أو الحُجرة، يرتَفِعُ عمودُ الماءِ ويَهبِطُ داخِلَها. عندَ ٱرْتفاعِ مُسْتوَى الماءِ يُطرَدُ الهواءُ من أعلى الحُجْرة. ثُمَّ يُسْتَفُّ الهواءُ إلى داخِلِها عندما يَهْبِطُ عمودُ الماءِ ومُستواهُ ثانيةً. وإذا رُكِّبَ داخلَ الحُجرة تُرْبينٌ، فإنَّ الهواءَ المُندفِعَ دُخولًا إلى الحُجرة وخُروجًا منها يُدَوِّمُ التُّرْبين. وهكذا فإنَّ الطاقةَ الكهربائيَّة لا تُولِّدُها الأمواجُ مباشرةً بل يُوَلِّدُها الهواءُ المُترَجِّحُ فوقَها.

لقد أُقيمَ بِضْعَةٌ من المُولِّداتِ الإخْتِباريَّة بالأعمدة المائيَّة المُترَجِّحة، لكِنَّها كانت تتعرَّضُ لِلدَّكِّ العنيف بِرَدْسِ الأَمْواج المُتكرِّر بحيثُ دُمِّرَ مُعْظمُها. إلّا أنَّ الأبحاثَ مُستمِرَّةٌ، وقد يأتي يَومٌ تُسْهِمُ فيه نبائطُ القُدْرةِ هذه بتوفيرِ بعضِ ٱحْتياجاتِنا الكهربائيَّة.



فوق: مُولِّدٌ بالأعمدةِ المائيَّةِ المُترَجِّحة على الشاطئِ في النَّروج.



مَنْظرٌ مُقتَطَعُ بعضِ الأجزاء داخلَ مُولِّدٍ نرويجيٍّ بالأعمدة المائيَّة المُترَجِّحة، ويبدو التُّرْبينُ (بأرياشه المُلوَّنة بالحُمرة) مُتَّصلًا بمُولِّدٍ مُبَيَّتٍ في أعلى المُنْشأة.

حقائقُ ومَعْلومات

طُوِّرَتْ نبيطةُ توليدِ الكهرباء بالأعمدة المائيَّةِ المُترَجِّحة أوائلَ الثمانينيَّات من القَرْنِ العِشْرين بجُهود شركة كْفارْنَر في أُوسلو، بالنَّروج، بالتعاوُنِ مع جامعة كوين في إرلَنْدا الشماليَّة. وكان مُهَنْدسون من الخِرِّيجينَ قد صَمَّموا تُربيناتِها بحيثُ تُدَوِّمُ في الاتِّجاهِ نفسه مهما كانَ ٱتِّجاه ٱنْدِفاق الهواءِ في الأَعْمدة.

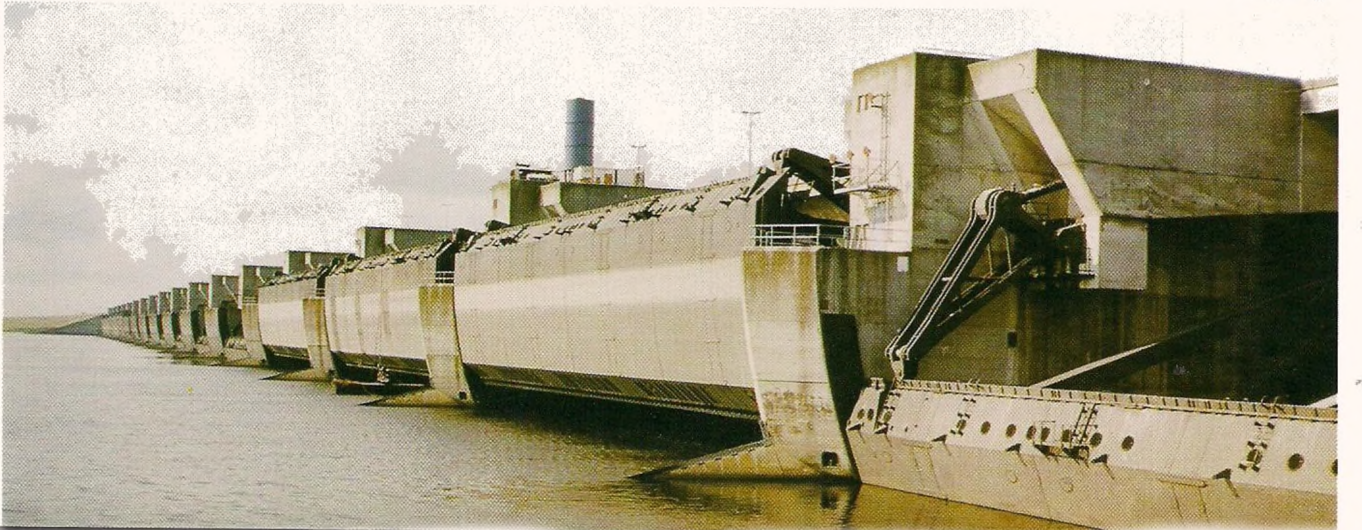
سُدودُ ٱحْتجازٍ مَدّجَزْريَّة

تتحرَّكُ مع المَدِّ والجَزْر يوميًّا كميَّاتٌ ضَخْمةٌ من الماء. في بعضِ المواقِع، تندفِعُ المياهُ مَدًّا وجَزْرًا بِسُرعةٍ تكفي لإدارة تُرْبينات مائيَّة. لكنَّ الحالَ ليست كذلك في مُعْظمِ المواقِع إذ تتحرَّكُ المياهُ مَدًّا وجَزْرًا ببُطْءٍ شديد. لكِنَّ ذلكَ لا يَمنعُ استِخْدامَها لتوليد الكهرباءِ بالوسائلِ نَفْسِها التي استَخْدمَها مُهَنْدسو القُرونِ الوُسْطى منذُ 800 سَنة في إقامةِ الطواحين المَدّجَزْريَّة. فتفتَحُ بَوَّاباتُ الهَويس في السَّدِّ الاصْطناعيِّ لِانْدفاقِ مياه المَدِّ حتى يبلُغَ المَدُّ ذُروتَه؛ ثُمَّ تُغْلَق بَوَّاباتُ الهَويس. وفي فترة الجَزْرِ عندَ ٱنْخفاضِ مُسْتَوى الماءِ خارجَ السَّدِّ، تُفْتَح بَوَّاباتُ الهَويسِ لِانْدفاقِ الماء عَبْرَ التُّرْبيناتِ لتوليدِ الكهرباء.

تَهْديدُ الحَياةِ البَريَّة

مُولِّداتُ القُدْرة المَدّجَزْريَّة تعمَلُ على الأكثَر مُدَّةَ عَشْرِ ساعاتٍ يَوميًّا. وتَتغَيَّرُ فترةُ العَملِ هذه مع التغَيُّر الدوريِّ اليوميّ لِظاهرةِ المَدِّ والجَزْر. وهذه المُولِّداتُ ذاتُ تأثيرٍ بيئيٍّ سَلبيٍّ. فرُغْمَ أَنَّها عديمةُ التلويث، إلّا أَنَّها تُضِرُّ بالبيئةِ بطُرقٍ أُخرى. فمَصبَّاتُ الأنهار، حيثُ المواقعُ الفُضْلَى لإقامةِ مَحطَّاتِ القُدْرة المَدّجَزْريَّة، هي غالِبًا مواقِعُ مُهِمَّةٌ لاغتذاء وتَوالُدِ الطُّيور. والمُرَجَّحُ أنَّ تلكَ المَحطَّاتِ سَتَحرِمُ تلك الطُّيورَ من مواطِنها.

سَدُّ شِلْت البَحْريُّ الشرقيّ في هولَنْدا.





الطُّيورُ، أمثالُ هذا الطِّيطَوى، تعيشُ وتَتوالَدُ على ٱمْتِدادِ السَّواحِلِ وفي البطاحِ الرَّطبةِ كالمَصبَّاتِ الخَليجيَّةِ. وإذا أُقيمتْ مَحطَّاتُ قُدْرةٍ في تلك المَواقِعِ، فإنَّها قد تَحْرِمُ الطُّيورَ من بيئاتها الطبيعيَّةِ.

سَدُّ ٱحْتجازٍ عَبْرَ مَصَبٍّ خليجيّ

السَّدُّ المَدّجَزْرِيُّ عَبْرَ مَصَبِّ نَهْر رانْس قُربَ سان مالُو، بفرَنْسا، كانَ محطّةَ القُدْرةِ المدّجَزْرِيَّة الأُولى، والأضخَمَ حجمًا حتّى اليوم، في العالَم. وقد دأبَتِ المحطّةُ منذُ تَدْشينِها في العام 1966 على توليدِ قُدْرةٍ كهربائيّة تُقَدَّرُ بحَوالى 240 ميغاواط - أي ما يكفي لِسَدِّ ٱحتياجات رُبْع مليون منْزل. السَّدُّ الفاصِلُ بينَ النهر ومَصبِّه البَحْريّ طولُه 750 مترًا، وتَعْبُره المياهُ من خِلال 24 نَفَقًا؛ وكُلُّ نَفَقٍ يَحوي تُرْبينًا ومُولِّدًا كهربائيًّا.

حَقائقُ ومَعْلومات

يَصُبُّ نَهْرُ الرَانْس في خليج سان مالُو في شَمال غَرب فرَنْسا، حيثُ يلْتقي القَنالُ (بحر المانش) بالمُحيط الأَطْلسيّ. وهنا يبلُغُ الفَرْقُ بين مُسْتوى ذُروةِ المدّ ومُسْتوى حَضيضِ الجزْر حوالى 13,5 مترًا.

يَحْمِلُ سَدُّ لارانْس المَدّجَزْرِيّ طريقَ مَركباتٍ رُباعيَّةَ المَسارِب.

مَنظرٌ مُقتَطعٌ لِلسَّدِّ المَدّجزْريِّ في لَارانْس

البَحْرُ في ذُروةِ المَدّ

طريقٌ مُعبَّدة

سَدُّ اَحْتِجاز

حَوْضُ النَّهر

البَحْرُ في حَضيضِ الجَزْر

مُولِّدات

في ذُروةِ المَدِّ، تَندفقُ المياهُ من البَحْر إلى حَوْضِ النَّهْر.

في حَضيضِ الجَزْر، تَندفقُ المياهُ من حَوْض النَّهر إلى البَحْر عَبْرَ أنفاقِ السَّدّ

مياهٌ مُندفِقةٌ من نَفَقٍ في السَّدّ

تُرْبين

بَوّابةُ هَويس تتحَكَّمُ بالدَّفّق

يَمْتَدُّ السَّدُّ المَدّجزْريُّ في لارانْس عَبْرَ مصبِّ النَّهر بين مدينتَي سانْ مالو وديْنارد. وتَخْتَصِرُ الطريقُ عَبْرَ السَّدِّ مسافةَ الرِّحلةِ بالسيَّارة بينَ المدينتَيْن بمِقْدار 15 كم.

يتلَقّى خليجُ سانْ مالو مياهَ المَدِّ المُندفِقةَ من المُحيط الأَطْلسيّ ويُوَجِّهُها قِمْعيًّا نحو مَصَبِّ نَهر رَانْس، ضاغِطًا المياهَ ومُسَرِّعًا إيّاها في مَجْرى النَّهر المْتَضيِّق. ونتيجةً لذلك، فإنَّ اَنْدِفاقَ المياه في حركتَي المَدِّ والجَزْر على نَهر رَانْس هو مِنَ القُوَّةِ بحيثُ يكفي لتدوير التُّربيناتِ في حالتَي المَدِّ والجَزْر.

مُعْظَمُ التُّربيناتِ المُدارةِ بالماءِ أو بالبُخار مُصَمَّمةٌ للعمَلِ في اَتّجاهٍ واحدٍ فقط. لكنَّ التُّربيناتِ المُستَخْدمةَ في سَدِّ رَانْس المَدّجزْريِّ تعمَلُ بالكِفاية نَفْسِها بِاَنْدِفاق الماء مدًّا أو جزْرًا. وفي فترةِ الدَّفْقِ الكامِلِ، يُنْتِجُ كُلُّ مُولِّدٍ قُرابةَ 10 ميغاواط مِن الكهرباء.

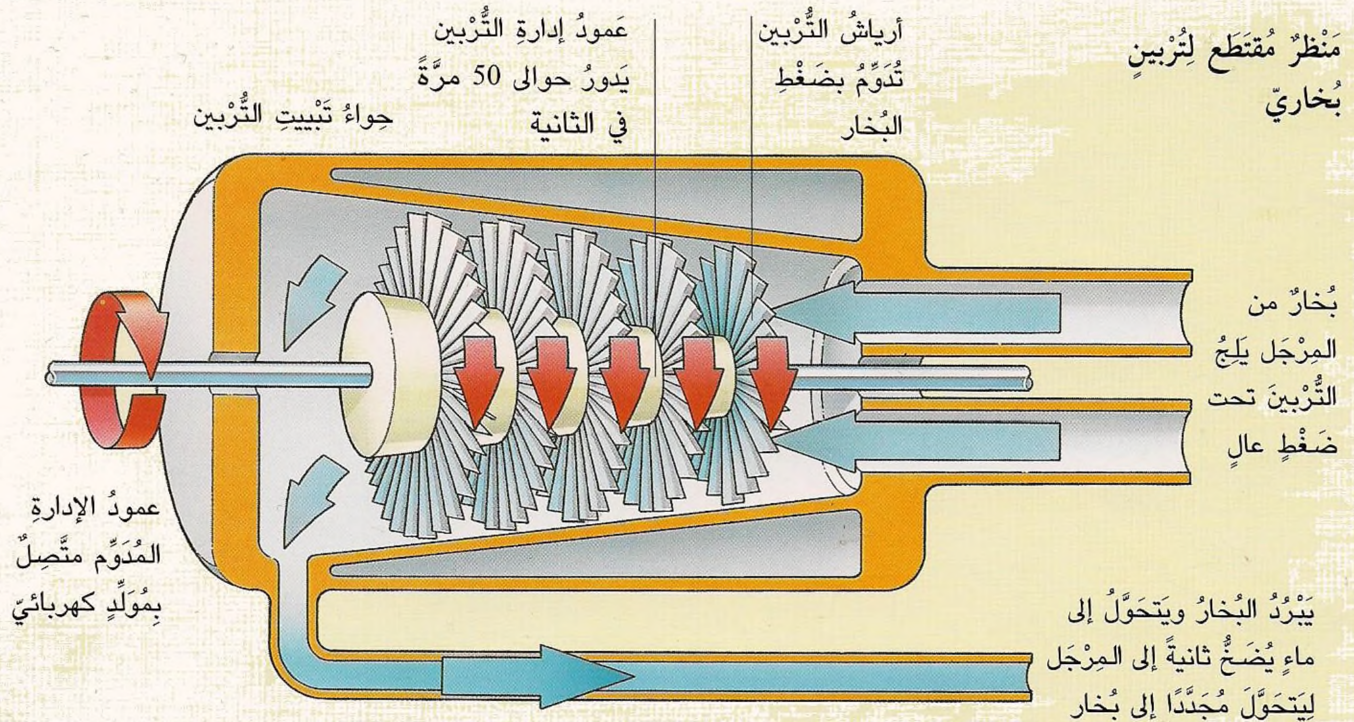
القُدْرةُ المائيَّةُ في مَجالاتِ العَمل



التُّرْبيناتُ البُخاريَّة

لا تَزالُ النَّواعيرُ (السَّواني المائيَّة) قَيْدَ الاستِعْمال حتَّى اليوم. لكنَّ القُدْرَة الحقيقيَّةَ وراءَ الآليَّاتِ المُسَيَّرةِ بالماءِ حاليًّا تتمثَّلُ بالتُّرْبينِ البُخاريّ. فعندما يُسَخَّنُ الماءُ ويُحَوَّلُ إلى بُخار، يتمَدَّدُ البُخارُ بِسُرعةٍ هائلةٍ وبقُوَّةٍ ضَخمة. وهذا التمَدُّدُ يُمكِنُ الإفادةُ منهُ في مَجالات العَمل.

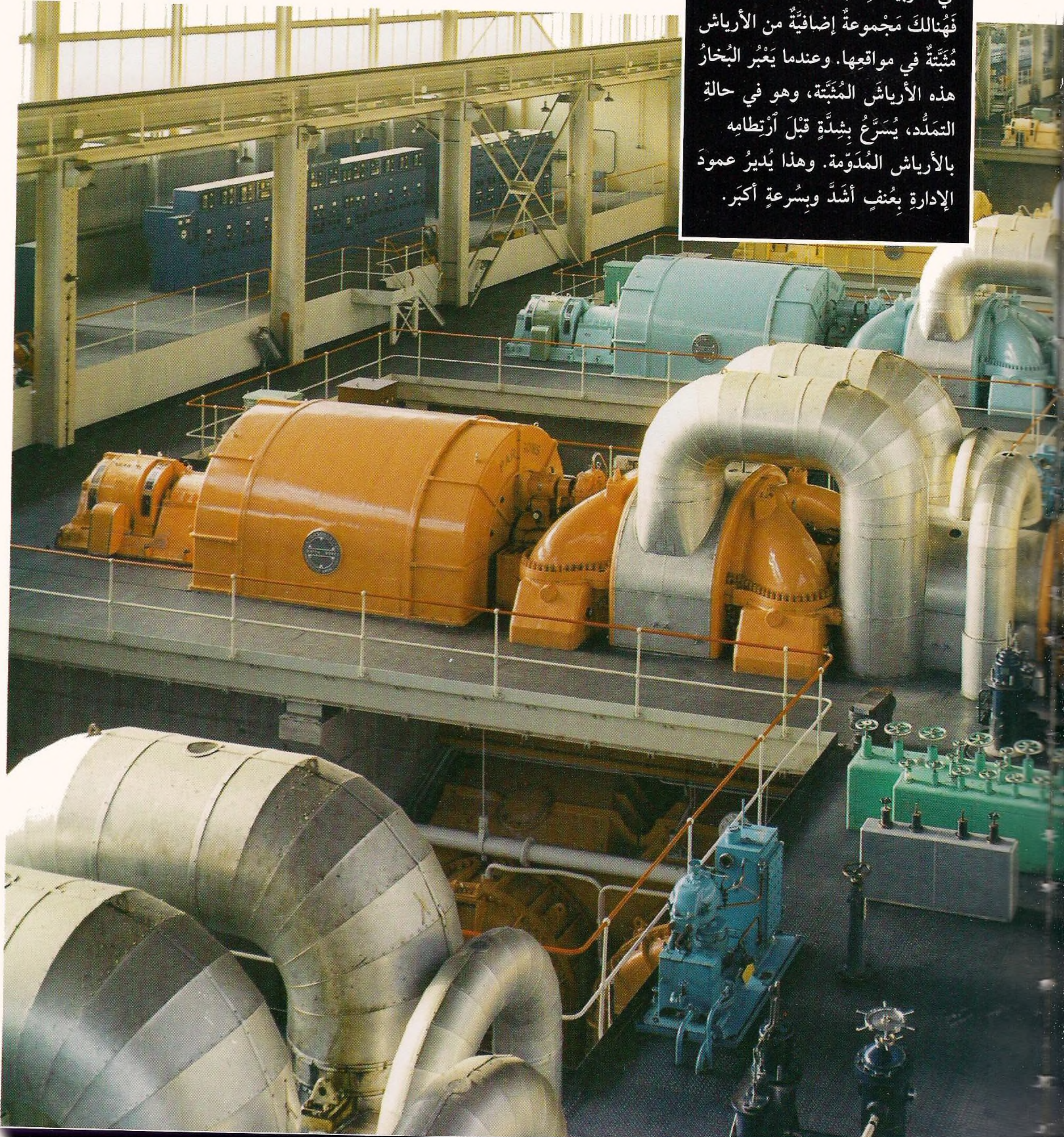
الكَبَّاس، في المُحرِّكِ البُخاريِّ يتحَرَّكُ صُعُودًا ونُزُولًا أو جَيْئةً وذَهابًا. ويَنْبَغي تَحْويلُ هذه الحَرَكةِ إلى حَرَكةٍ دُوَّاميَّةٍ لإدارةِ المكِنات. الوضعُ في التُّرْبيناتِ البُخاريَّةِ أبْسَطُ من ذلك بكثير. فهي تُنْتِجُ الحركةَ الدُّوَّاميَّة مباشرةً؛ وبذلك يُسْتَغْنى عن كُلِّ التوصيلاتِ الميكانيكيَّةِ المُعَقَّدة المُتعلِّقةِ بالمُحرِّكِ البُخاريّ. وخِلافًا لِلنَّواعير المُعَرَّضةِ عادةً لِتقلُّباتِ الطَّقس، فإنَّه يتوجَّبُ توضيعُ التُّرْبيناتِ البُخاريَّةِ داخِلَ حِواءٍ مسيكٍ يمنَعُ سُروبَ البُخارِ العالي الضَّغْط.



دَواخِلُ غُرْفَةِ التُّرْبين البُخاريّ والمُولِّدات في محطَّةِ قُدْرةٍ نَوويَّة. هنا، لُوِّنَتْ أنابيبُ البُخار باللَّوْنِ الفِضّيّ، وأزواجُ التُّرْبيناتِ والمُولِّداتِ بالأحمر والأَزْرَق والأَصْفر.

حَقائقُ ومَعْلومات

في أَبْسَط أنواعِ التُّرْبينات، سُرعةُ البُخار الدافِعةُ لأَرْياشِ التُّرْبين هي التي تَجعَلُ عمودَ الإدارة يُدَوِّم. أمّا في التُّرْبيناتِ البُخاريَّة الأُخرى فَهُنالك مَجْموعةٌ إضافيَّةٌ من الأرياش مُثَبَّتةٌ في مواقعها. وعندما يَعْبُر البُخارُ هذه الأرياشَ المُثَبَّتة، وهو في حالةِ التمَدُّد، يُسَرَّعُ بِشِدَّةٍ قَبْلَ ارْتِطامِهِ بالأرياش المُدَوِّمة. وهذا يُديرُ عمودَ الإدارة بِعُنفٍ أَشَدَّ وبِسُرعةٍ أكبَر.





زَوْرقُ بُوينْغ النفَّاث هو مَرْكَبٌ زلَّاقٌ ذو سطحِ أنْسِيابٍ قاعيٍّ رافِعٍ يعمَلُ بدَفْعِ النوافيرِ المائيَّة. فعند أنْطِلاقِ المَرْكَب بسُرعةٍ عاليةٍ يرفَعُه سَطْحُ الإنْسياب فوقَ سَطْحِ الماء فيقِلُّ أحْتِكاكُ هيكلِه بالماء وتَزْدادُ سرعتُه أكثر. مُحرِّكاتُ الزَّورق تسفِطُ الماءَ من مؤخَّرةِ السَّطح ثُمَّ تَضُخُّه في نَوافيرَ عَبْرَ مُؤخَّرةِ الزَّورق.

مُحرِّكاتٌ مائيَّةٌ نَفّاثةٌ

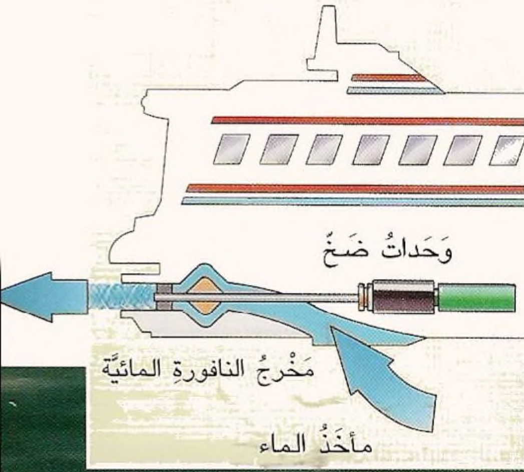
مُعْظَمُ السُّفُنِ والمَراكب تُجَهَّزُ بمُحَرِّكاتٍ تُديرُ رفَّاصاتِ (مَراوحِ) الدَّسْر. وهي أرياشٌ مُثَبَّتةٌ بذراعٍ مَرْكزيَّةٍ تُدارُ بسُرعةٍ فائقة. وقد تَتضرَّرُ هذه الرَّفاصاتُ إذا أرْتَطمَ المركبُ بقاعِ البَحْر في مياهٍ ضَحْلةٍ أو عندما تَتشابَكُ هي بالطحالبِ البَحْريَّة أو الحِبال. كما إنَّ هذه الرفَّاصاتِ المِروحيَّة خَطِرةٌ جِدًّا على الغوّاصِين أو السَّابِحِينَ بجِوارِها.

المُحَرِّكاتُ المائيَّةُ النفَّاثة هي نَمَطٌ آخَرُ من المُحرِّكات لا يَتعرَّضُ لمِثْل هذه العوائقِ والأضْرار. فبَدلَ رفَّاصاتِ (مراوحِ) الدَّسْر المُدَوِّمةِ يَضُخُّ المُحَرِّكُ نافورةً مائيَّةً فائقةَ السُّرعةِ. فهو يَسفِطُ حَجْمًا كبيرًا من الماءِ عَبْرَ قاعِ المَرْكب يُسَرَّعُ بمِضَخَّاتٍ خاصَّة تدفَعُه في مِنْفثٍ مُتضَيِّقٍ لِيَنْطلقَ كنافورةٍ عاليةِ السُّرعة.

مَركباتٌ بَحريَّةٌ عاليةُ السُّرعة

النافورةُ المائيَّةُ نَفْسُها يُمكِنُ استِخْدامُها أيضًا لِقيادةِ المَركب البحريِّ يَمينًا أو يَسارًا بتَوجيهِ النافورةِ نحوَ الاِتّجاهِ المَطلوب. إنَّ أضخمَ مُعَدِّيات السيَّارات وأَسْرعَها في العالَم تُسَيِّرُها مُحَرِّكاتٌ نفّاثة مائيَّة. وهذه المُحرِّكاتُ لا تختلِفُ عن المُحرِّكاتِ النفَّاثة في الطائرات المُقاتِلةِ وطائراتِ الرُّكَّابِ إلّا في أنَّ نوافيرَها مائيَّةٌ لا هوائيَّة. هذه المُحرِّكاتُ تُديرُ مِضَخَّاتٍ تضُخُّ كميَّاتٍ هائلةً من الماء وتُطلِقُها في نافورةٍ ضخمةٍ فائقةِ السُّرعة. عندما تعمَلُ مُحرِّكاتُ المُعدِّيةِ عابرةِ المُحيط (من طراز إتش إس إس 1500) بالقُوَّةِ الكاملة، فإنَّها تضُخُّ 85000 لِترٍ من الماء في الثانية.

المُعدِّيةُ عابرةُ المحيط، كالمُعدِّيةِ سِيكات، تَسْتَفِطُ الماءَ عَبْرَ قاعِ المَركب ثُمَّ تضُخُّهُ خارجًا عَبْرَ نوافيرِ القيادةِ في المُؤخَّرة. وقد تبلُغُ سُرعةُ هذه المُعَدِّيةِ 42 عقْدةً (حوالى 76 كم/سا).



دَرَّاجةٌ مائيَّةٌ تَسِفُّ عَبْرَ مياهٍ ضَحْلةٍ مُستَخْدِمةً مُحرِّكاتِها النفَّاثةَ المائيَّة.



حقائقُ ومَعْلومات

العالَمُ الطبيعيُّ عرَفَ الدَّسْرَ بالنوافيرِ المائيَّة كما في الأخطبوطِ والسَّبيدج (الحبَّار) قبلَ أنْ يصْطنِعَ الناسُ مُحرِّكاتٍ مائيَّةً نفَّاثة بِمَلايين السِّنين. كذلك فإنَّ المَحاريَّاتِ المُفَلْطحةَ كالأسقلوب تَسبَحُ بِإطباقِ صَدَفَتَيْها تكرارًا لِثَجِّ نوافيرَ من الماءِ إلى الخارج. كما إنَّ كثيرًا مِن قناديلِ البَحْر تَنْتقِلُ من مَكانٍ إلى آخر بحَركاتٍ نَبْضيَّةٍ لَطيفةٍ من أَجْسامِها ضِدَّ الماء.

تُستَخْدمُ النوافيرُ المائيَّةُ في التَّنْقيبِ عن الذَّهَب. ففي ألاسكا، تَقْطعُ النوافيرُ المائيَّةُ عَبْرَ التُّربِ الصَّقيعيَّةِ المُتجَمِّدة التي قد تَحْتوي ذَهَبًا فتَطْرُدُ المكوِّناتِ والحَصَى الخفيفة.

حقائقُ ومَعْلومات

تُستَخْدمُ نوافيرُ الماءِ من الخراطيم في شَطْفِ الحَصَى والرِّمال الحاويةِ خاماتٍ فِلزِّيَّةً. لكنَّ قَطْعَ مَوادَّ كالفلزَّاتِ والأَخْشابِ بالنوافير المائيَّةِ هو تِقْنيَّةٌ أحدثُ بكثير. فهذا النَّمَطُ من القَطْعِ اِبتَكَرَه نُورْمان فرانْز في الولاياتِ المتحدة الأمريكيَّةِ عامَ 1968.

عُدَدٌ وأدواتٌ مائيَّة نافوريَّة

المياهُ في الطبيعة تَنْحَتُ الكُهوفَ في الصَّخْر وتُهَبِّطُ الجُرُفَ الصخريَّة وتَجْتَرِفُ الطُّرُقَ والجُسُور. وتُسْتَخْدَمُ النوافيرُ المائيَّةُ أحيانًا بطريقةٍ مُماثِلَةٍ في التَّعْدين، والقَطْع عَبْرَ التُّرَبِ المُتضَمِّنةِ معادِنَ نَفيسةٍ وجَرفِها إلى مِنْطقةِ تَجْميع؛ والصَّلْصالُ الصِّينيُّ (الغَضار) يُسْتَخْرَجُ بهذه الطريقة. كما إنَّ النوافيرَ المائيَّةَ الأشَدَّ قُوَّةً تقطَعُ عَبْرَ الفَحْمِ الحَجَريّ.

عندما يُحْشَدُ الماءُ في نافورةٍ رَفيعةٍ، فإنَّ بمَقْدورهِ القَطْعَ عَبْرَ موادَّ مَتينةٍ بإحكامٍ فائق. وتَسْتطيعُ النافورةُ المائيَّةُ العاليةُ الضغط تنظيفَ الأشياءِ بسَفْعِ القَذَرِ (الوسَخ) عنها. فقِشْرةُ السُّخَامِ السوداءُ المراكَمةُ على حِجَارةِ المَباني بالتلويث الهَوائيّ على مَدَى عِدَّةِ سَنوات يُمكِنُ نَزْعُها بهذه الطريقة. وإذا زِيدَ الضغطُ أكثرَ فبإمكانِ النافورةِ حَتُّ المادةِ نَفْسِها، وليسَ فقَطْ إزالةُ القَذَرِ عن سَطْحِها. إنَّ عُدَدَ القَطع المائيَّةِ الأكثرَ تقَدُّمًا وتطَوُّرًا تعمَلُ على ضُغوطٍ مائيَّةٍ تكفي لِلقَطْعِ عَبْرَ الخَرَسانةِ المُسَلَّحة. ولتَعْزيزِ قُدْرةِ القَطْع في هذه العُدَد، يُضافُ إلى الماءِ جُسَيْماتٌ صَخْريَّةٌ قاسِية. وتَسْتطيعُ العُدَدُ المائيَّةُ حاليًّا ثَقْبَ موادَّ صَلْدةٍ، كالفُولاذ والتيتانيوم، والقَطْعَ عَبْرَها.

يُسْتَخْدَمُ ضاغِطٌ لِضَخِّ الماءِ إلى مِنْفَثٍ، والمِنْفَثُ يَرُدُّها كنافورةٍ قويَّةٍ من القُطَيراتِ المُزيلةِ لِلأَوْساخ.

مُستقْبَلُ القُدْرةِ المائيَّة

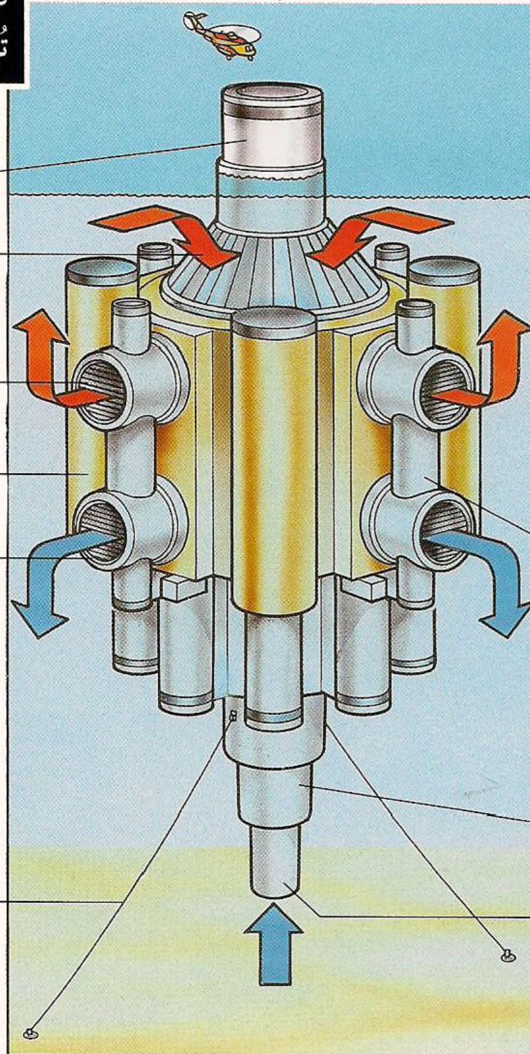
تَسْخيرُ حرارةِ المُحيطات

القُدْرتانِ المَدّجَزْريَّةُ والمَوْجيَّة لا تَزالان في مَرْحلةٍ بِدائيَّة من تطوُّرِهما. لكِنْ مع توَقُّعاتِ نَفادِ الوُقُدِ الأُحفوريَّة في زمنٍ غيرِ بعيد، فمِن المُرَجَّح أنْ يُصارَ إلى إقامةِ مَزيدٍ من السُّدودِ عَبْرَ مَصَبَّاتِ الأَنْهُر ومَزيدٍ من المُولِّدات العاملةِ بالقُدْرةِ المَوجيَّةِ على امْتِدادِ الشواطِئ البَحْريَّة. وفي المَنْظورِ أيضًا تَطْويرُ مُحَوِّلاتٍ تُفيدُ من الطاقة الحراريَّة المُحيطيَّة (م ط ح م) في البِحار المَداريَّةِ السَّاخِنة لِتَوليد الكهرباء. فالمعروفُ أنَّ درجةَ حرارةِ المُحيطات تتدَنَّى مع العُمْق. فدرجةُ حرارةِ سَطْح الماء قد تكونُ 25° س، فيما درجةُ حرارةِ طبقاتِ الماء الأعمقِ تُقارِبُ نُقْطةَ التجمُّد. هذا الفارِقُ في درجتَي الحرارة يُمكِنُ استِخْدامُه لِتَبْخير سائلٍ فيُدارُ بِبُخارِه الناتجِ، تُرْبينًا ومُولِّدًا.

في مَنْظومة م ط ح م، تُبَخِّرُ حرارةُ المياهِ السطحيَّةِ السَّاخِنَةِ سائلًا كالأَمونيا. فيُديرُ البُخارُ تُرْبينًا ثُمَّ يتحَوَّلُ ثانيةً إلى حالةِ السُّيُولةِ بواسطةِ الماءِ البارِدِ الذي يُضَخُّ صُعُدًا من الأَعْماق.

حقائقُ ومَعْلومات

فِكْرةُ مُحَوِّلاتِ الطاقةِ الحراريَّة المُحيطيَّة (م ط ح م) ليسَتْ جديدةً. فقد ارتآها بادِئَ ذي بَدْءٍ العالِمُ الفرَنْسيُّ جاك دارسُونْڤال منذُ العام 1881. وقد أُقيمَ أوَّلُ مُحوِّلٍ منها عامَ 1929 على مَبْعدةٍ من ساحلِ كوبا، لكِنَّه لم يُحقِّقِ النتائجَ المَرْجوَّة - إذ إنَّ حاجةَ مِضَخَّاتِه المائيَّةِ من الكهرباء فاقَتْ كميَّةَ الكهرباءِ التي تُنْتِجُها تُرْبيناتُه.



لقد جَرى تَصْنيعُ بِضْعِ مُحوِّلاتٍ اختْباريَّة صَغيرة لِلطاقة الحراريَّةِ المُحيطيَّة. وحتَّى الآنَ لم يُصَنَّعْ مِنها أيُّ مَكِناتٍ على نِطاقٍ تِجاريٍّ كبير.

يُفْتَرَضُ في مُولِّداتِ القُدْرة البَحْريَّة استطاعَتُها أنْ تَصْمُدَ في مُواجهةِ الخَبْط المُستمِرِّ من الموجِ واندفاقاتِ المَدِّ والجَزْر. ثُمَّ إنَّ النَّباتاتِ والحيواناتِ التي تَتَّخِذُ لها مَثْوًى على، أو داخِلَ، هذه المكِناتِ في مياه البَحْر قد تُلْحِقُ بها الضَّررَ أو تُقلِّلُ مِن فعاليَّتِها. لكِنْ يُؤمَلُ أنَّه مع تقدُّم التِّقانات الكهرَمائيَّة وتزايُدِ الاهتِمام بتَقَصِّي كافةِ مواردِ الطاقةِ المُتجَدِّدة مُستَقْبلًا، فإنَّ مُجْملَ هذه المشاكلِ سَيَجْري التغلُّبُ عليها. وفي غُضونِ ذلك، ستَتواصَلُ إقامةُ المشاريعِ الكهرَمائيَّةِ التقليديَّةِ والطواحينِ المائيَّةِ الخفيضَةِ التكلِفة والتقانيَّات.

مُراقِبونَ في مَحطَّةِ قُدْرةٍ مُستَقْبليَّة يَسْتَعرضونَ صُفوفًا من مُولِّداتِ القُدْرةِ المَوجيَّة – فيما تَقومُ حواسيبُهم بِمُراقبة الظُّروفِ والأحوال البَحريَّة وتتقَصَّى خَرْجَ القُدْرةِ لِتلك المُولِّدات.



مَسْرِدُ التَّعْرِيفات

إعصار عاصِفةٌ دُوّاميّة عنيفة تَنشَأُ فوقَ مِياهِ المُحيط الأطلسي، بخاصَّةٍ في البَحْر الكَريبيّ. Hurricane

الأُفُق الخَطُّ الدائريّ الذي يَرى فيه الناظِرُ السماءَ وكأنَّها مُلتَقيةٌ بالأرض. Horizon

بَطّة سولتر مُولِّدُ قُدرةٍ مَوجيّ يُولِّدُ الكهرباءَ مِن ترَجُّح مَوجِ البَحْر صُعودًا وهُبُوطًا. Salter's Duck

بليون ألفُ مِليون. Billion

بوّابة الهَويس بوّابةٌ حاجزةٌ تُقام في قناةِ ماءٍ لِلتحكُّم بكميّاتِ المياهِ المارَّةِ عَبْرَها. Sluice gate

تُربين مَكِنةٌ تَستَخْدِمُ مائعًا مُتحرِّكًا كالماءِ أو الزَّيْت، أو بُخارًا كبُخار الماء، لِتَدويمِ دولابٍ أو أُسْطوانةٍ ذاتِ أرياشٍ حَولَ حِتارِها. Turbine

تُسونامي، مَوْجةٌ سَنامِيَّة مَوجةٌ عارِمةٌ قويَّةٌ مُدَمِّرة سَبَبُها زِلزالٌ تَحتَ مائيّ. Tsunami

تَيْفون عاصِفةٌ عنيفةٌ في المُحيط الهادي. Typhoon

ثاني أُكسيد الكربون غازٌ يتألَّفُ من الكربون والأُكسِجين يُكوِّنُ 0.03% من جوِّ الأرض. Carbon dioxide

الجَوّ الغازاتُ المحيطةُ بالأرض، وهي تتألَّف من النتروجين 78% والأُكسجين 21% وغازاتٍ نادرةٍ أُخرى 1%. Atmosphere

الحمُوُّ العالَميّ تزايُدٌ في درجةِ حرارة الأرض قد يَعودُ سببُه إلى بعض الغازاتِ الناتجة من الأنشِطةِ البَشَريَّة. Global warming

خزّان بُحَيْرةٌ طبيعيَّةٌ أو اصطناعيَّةٌ كبيرة تُستَخْدَمُ كمَدَدٍ مائيّ. Reservoir

دَورةُ الماءِ في الكَوْن تبَخُّرُ الماءِ من اليابِسة والبَحْرِ إلى الجَوّ وعَودتُه مَطرًا إلى اليابِسةِ والبَحْر ثانيةً. Water cycle

ذَرَّة أصغَرُ جُسَيْمٍ من مادَّةٍ نَقيَّةٍ يُمكِنُه الدخولُ في تفاعُلٍ كيماويّ. Atom

رِياحٌ مَوسِميَّة رِياحٌ فصليَّةٌ فوقَ الهِنْد وجنوبِ آسيا تَهُبُّ من الجنوب الغربيّ صَيفًا ومن الشمال الشرقيّ شِتاءً. Monsoon

زَوْرقٌ زَلّاق نَمَطٌ مِن المَراكِب ذو أسطُحٍ تَحت مائيَّةٍ ترفَعُ هيكلَهُ من الماء عندَ انطِلاقِه بسُرعةٍ. Hydrofoil

ساقية أُنظرُ ناعُورة. Water wheel

سَدّ حاجِزٌ يُقامُ لِاحْتِجاز الماء. Dam

سُفْليُّ الدَّفْع نَمَطٌ مِن النَّواعير يُدارُ بالماءِ المُنْدَفِق تحتَه. Undershot

سُلجَة مَحاريّة حَيوانٌ صَدَفيّ، واسمٌ لِنَمَطٍ مِن مُولِّداتِ القُدرة المَوجيَّة أيضًا. Clam

السَّيْرُ الناقِلُ المُحيطيُّ العَظيم التيّارُ المُحيطيُّ الرئيسيُّ الذي يَدْفَعُ مياهَ البِحار حولَ العالَم. Great Ocean Conveyor Belt

طاحونةٌ مائيَّة طاحونُ حبُوبٍ يُدارُ حَجرُ الرَّحى فيها بناعورة. Water mill

عُلْويُّ الدَّفْق نَمَطٌ من النَّواعير يُدْفَعُ بالماءِ الساقِطِ عليه من عَلُ. Overshot

القُدْرةُ الكهرَمائيَّة كهرباءٌ مُوَلَّدةٌ من طاقةِ مَساقِطِ المياه. Hydroelectric power

كَبّاس جُزْءُ المُحرِّك الذي يَنْزلِقُ صُعودًا ونُزولًا، أو جَيئةً وذهابًا، داخِلَ أُسطوانةٍ مَضبوطةِ التلافُقِ به. Piston

كيلو بادئة تَعْني 1000، كما في كيلوواط وكليومتر. Kilo-

كيلوواط وَحْدةُ قُدْرةٍ كهربائيَّة تَعْني 1000 واط. Kilowatt

كيلوواط ساعة وَحْدةُ طاقةٍ كهربائيَّة مُكافئة لِقُدرةِ 1000 واط تُستَخْدَمُ مُدَّةَ ساعةٍ واحدة. Kilowatt-hour

مَثْلَجة كُتْلةٌ ضَخمةٌ من الجَليد تكوَّنَت من الثلج على اليابِسة. تَنْضغِطُ طبقاتُ الثلج الأعمقُ بفِعْلِ وَزْن الثلج فوقَها وتتحوَّلُ إلى جَليدٍ مَثْلَجيٍّ صُلْب. Glacier

مُحرِّكٌ بُخاريّ مُحرِّكٌ يَعْمَلُ بقُدْرة ضَغْط البُخار. Steam engine

مُحرِّكٌ مائيٌّ نفّاث نَمَطٌ من المُحرِّكات يَستطيعُ دَسْرَ سَفينةٍ أو درّاجةٍ مائيَّة بواسطةِ نوافيرَ مائيَّةٍ عاليةِ الضَّغْط. Water jet engine

مَحطَّةُ قُدرة مَدّجَزْريَّة مَحطَّةُ قُدْرةٍ تُولِّدُ الكهرباءَ باستِخْدامِ طاقة المَدِّ والجَزْر. Tidal power station

مُحوِّلُ الطاقة الحراريَّة المُحيطيَّة (م ط ح م) مَكِنةٌ لِتَوليدِ الكهرباءِ باستِخْدامِ فارِقِ درجةِ الحرارةِ بينَ طَبَقاتِ المياه في أعماقٍ مُختلِفة. Ocean Thermal Energy Converter (OTEC)

مَدٌّ تَرْبيعيّ مَدٌّ أو جَزْرٌ ناقِص يَحْدثُ في التربيع الأوَّلِ والثاني من أوجُه القَمَر. Neap tide

المَدُّ والجَزْر الارْتِفاعُ والهُبوطُ اليوميُّ في مُستَوى سَطْحِ البَحْر نتيجةً لِشَدِّ جاذبيةِ القَمرِ والشَّمْس. Tide

مَدٌّ رَبيعيّ مَدٌّ تامٌّ يَحْدُثُ عندما يكونُ القَمرُ في الاقْتِران (هِلالًا) أو مُكتمِلًا (بَدْرًا) وتكون الشَّمْسُ والقَمَرُ والأرض في مُسامَتةٍ واحدة. Spring tide

المَدَى المَدّجَزْريّ الفَرْقُ في مُستَوى سَطْحِ البَحْر بينَ ذُرْوةِ المَدّ وحَضيضِ الجَزْر. Tidal range

مِرْجَل خزّان مُصَمَّمٌ لتَسْخينِ الماءِ وتَحْويلِه إلى بُخار. Boiler

مُسَنّاةٌ سَدّ حاجزٌ تُرابيٌّ صَخْريٌّ يُقامُ لِمَنْعِ البَحْر من غَمْرِ الأراضي الخفيضة، بخاصَّةٍ في هولَنْدا. Dyke

مَصَبٌّ خليجيّ مَصَبُّ نَهْرٍ في البَحْر تتبَدّى فيه عادةً ظاهرةُ المَدِّ والجَزْر. Estuary

مُوَلِّد مَكِنةٌ مُصَمَّمةٌ لِتَحويلِ طاقةِ الحَرَكةِ إلى طاقةٍ كَهْربائيَّة. Generator

مُوَلِّدُ الأعمدةِ المائيَّة المُترجِّحة نَمَطٌ من مُولِّداتِ الكهرباء يُحَوِّلُ حَرَكةَ تَرَجُّحِ أمواجِ البَحْرِ صُعودًا وهُبُوطًا إلى الكهرباء. Oscillating water column generator

ميغا بادئة تَعْني مِليون. Mega-

ميغاواط وَحْدةُ قُدْرةٍ كهربائيَّة تَعْني مليون واط – تكفي لِسَدِّ احْتياجاتِ مَنْزِلٍ عائليّ. Megawatt

ناعُورة دُولابٌ يُدارُ بالماءِ الجاري. Water wheel

الهِدْروجين أخفُّ الغازاتِ وأكثَرُها شُيوعًا في الكَوْن. Hydrogen

وَقودٌ أُحْفوريّ الفَحْمُ والنِّفْطُ والغازُ الطبيعيّ – هي وُقُدٌ تكوَّنَتْ في أزمِنةِ ما قَبْلَ التاريخِ من انْحلالِ النَّباتاتِ والحَيَواناتِ المِجْهَريَّة. Fossil Fuel

يَتَبَخَّر يَتَحوَّلُ من سائلٍ إلى غاز. Evaporate

مَعْلوماتٌ إضافيَّة

كُتُبٌ لِلمُطالَعة

- المَوسُوعةُ العِلْميَّةُ الشامِلة – مكتبة لبنان ناشرون.
- مَوسُوعةُ التطبيقات العلميَّة المُيَسَّرة.
• الآليَّات من الرَّافِعة إلى الحاسُوب – مكتبة لبنان ناشرون.
- مَوسُوعة البيئة لِلناشِئين
• وُقُدٌ لِلمُستَقْبَل – مكتبة لبنان ناشرون
- المَوسُوعةُ العِلْميَّةُ المُيَسَّرة – مكتبة لبنان ناشرون





اِستِهْلاكُ القُدْرةِ والطَّاقة

القُدْرةُ هي قياسٌ لِسُرعة استِهْلاك الطاقة؛ وتُقاسُ بالجُول في الثانية أو بالواط. فقد تحتاجُ مِكواةٌ كهربائيَّةٌ إلى قُدْرةِ 1000 واط لِتَشْغيلها – فيما قد لا يحتاجُ راديو جَيْب لأكثَرَ من 10 واطّات. فالطاقةُ اللّازِمةُ لِتَشْغيل هٰذا الراديو ساعةً واحدةً لنْ تُشَغِّلَ المِكْواةَ أكثَرَ من سِتِّ أعشار الدقيقة، لأنَّ المِكْواةَ تستهْلِكُ طاقةً بسُرعةٍ تزيد 100 ضعفٍ على استِهْلاك جهاز الراديو. الرَّسْمُ المُبيَّنُ إلى اليَسار يُقارِنُ مُعدَّلاتِ القُدْرة لأَجْهزةٍ كهربائيَّةٍ مَنْزليَّة ولِمَنْزِلٍ ولِمَحطَّةٍ لِتَوليدِ القُدْرة.



الفِهْرسُ العامّ



موسوعة الطّاقة المُستدامة

ليس خافيًا طبعًا أنّ مواردَ الطاقة من الفحم والزيت والغاز الطبيعي آيلةٌ إلى النّفاد - رُبما ضمن أواخِرِ هذا القرن. وأنه من الضروري تَقصّي مَواردِ وُقُدٍ بَديلة أو تطويرُ مصادرِ طاقةٍ مُتجدِّدةٍ، غيرِ مُلوِّثةٍ للجوِّ والبيئةِ حولَنا، بالسُّرعةِ الكافية لِتلافي افتقارِنا مُستَقبلًا إلى حاجاتنا الضرورية من الطاقة.

في هذه السِّلسلة من **موسوعة الطاقة المُستدامة** سنَتحرّى إمكانية تَسخير القُدرةِ الشمسيَّة المُباشرة إضافةً إلى قُدرةِ الرِّياحِ والأنهارِ والبحارِ - بِمُستوًى كافٍ لِضمانِ توفيرِ احتياجاتِنا الضّروريّة المُستقبليّة من الطاقة.

هذا الجُزء من الموسوعة يتناوَل القدرة المائيّة من حيث

- تسخيرُ قدرة الأنهار والبحار طاقيًا
- دَورُ السُّدود في توليد الكهرباء
- استِغلال فرق درجة الحرارة بين سطح المحيط وأعماقه
- استخدام التقانيّات البسيطة لتوفير الطاقة في البلدان النامية
- استخدامُ الطاقة دونَ الإضرار بالبيئة

في هذه السِّلسِلة

- الوُقُودُ الأُحفوريّة
- القُدرةُ الشّمسيّة
- القُدرةُ النّوويّة
- الطّاقة الحراريّة الأرضيّة والطّاقة الحيَويّة
- قُدرةُ الرِّياح
- القُدرة المائيّة

ISBN 9953-1-0485-9



WATER POWER
(ARABIC BUTTERFLY BOOKS)

مكتبة لبنان ناشرون